

**VAASAN YLIOPISTO**  
**TEKNILLINEN TIEDEKUNTA**  
**TUOTANTOTALOUS**

Katja Alatorvinen

**MUUNTAJAN KULJETETTAVUUDEN PARANTAMINEN**  
**SUUNNITTELUN AVULLA:**  
**Case ABB Oy Transformers**

Tuotantotalouden  
pro gradu-tutkielma

**VAASA 2014**

<b>SISÄLLYSLUETTELO</b>	<b>sivu</b>
1. JOHDANTO	7
1.1. Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskysymykset	9
1.2. Tutkimusmetodi ja aiheen rajaus	11
2. ABB OY TRANSFORMERS	13
2.1. Muuntaja tuotteena	13
2.2. Ydinprosessit	16
2.2.1. Myynti- ja suunnitteluprosessi	17
2.2.2. Huolintaprosessi	18
2.3. Muuntajien kuljetukset	18
3. LOGISTIIKKA OSANA TOIMITUSKETJUN HALLINTAA	21
3.1. Logistiikka	21
3.2. Logistiikka kilpailuetuna	22
4. KULJETUKSIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	27
4.1. Kuljetuskustannukset	27
4.2. Kuljetusmuodot	29
4.2.1. Maantiekuljetukset	31
4.2.2. Merikuljetukset	36
4.2.3. Rautatiekuljetukset	38
4.2.4. Muut kuljetusmuodot	42
4.2.5. Yhdistetyt kuljetukset	42
4.3. Kuljetus- ja huolintaliikkeet	43
4.4. Toimitusehto	45
4.5. Kuljetusriskit	47
5. TUOTTEEN SUUNNITTELU LOGISTIIKAN KANNALTA	50

5.1. Tuotteen suunnittelu	50
5.2. Tuotteen suunnittelu logistiikan kannalta	51
5.3. Kuljetuspakkausten suunnittelu	53
6. TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT	55
6.1. Kyselyt	56
6.2. Teemahaastattelut	58
6.3. Tutkimuksen arviointi ja luotettavuus	61
7. KYSELYIDEN JA HAASTATTELUIDEN TULOKSET	63
7.1. Maantiekuljetukset	63
7.2. Merikuljetukset	72
7.3. Rautatiekuljetukset	79
7.4. Muuntajien suunnittelu	82
8. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	86
8.1. Analyysi kuljetettavuudesta eri kuljetusmuodoissa	88
8.1.1. Maantiekuljetukset	89
8.1.2. Merikuljetukset	91
8.1.3. Rautatiekuljetukset	92
8.2. Suunnittelun työkalun toteutus	94
8.3. Vastaukset tutkimuskysymyksiin	97
8.4. Yhteenveto	100
8.5. Tutkimuksen hyödyntäminen ja jatkotutkimusideat	102
9. LÄHTEET	104
LIITTEET	

## LYHENTEET

AEO	Authorized Economic Operator, valtuutettu taloudellinen toimija
B/L	Bill of Lading, konossementti
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
CIS	Itsenäisten valtioiden yhteisö, IVY
CMR	Kansainvälinen rahtikirja
DAP	Delivered at Place, toimitettuna määräpaikalle
DC	Dry Container, standardikontti
DFA	Design for Assembly, suunnittelu kokoonpanon kannalta
DFL	Design for Logistics, suunnittelu logistiikan kannalta
DFM	Design for Manufacturing, suunnittelu tuotannon kannalta
EXW	Ex Works, noudettuna lähettäjältä
FCA	Free Carrier, vapaasti rahdinkuljettajalla
FR	Flat Rack, konttialusta
FTL	Full Trailer Load, täysi trailerkuorma
HC	High Cube, korkeampi kontti
ICC	International Chamber of Commerce, Kansainvälinen kauppakamari
IG	In Gauge, normaalimittainen
LTL	Less Than Trailer Load, vajaa trailerkuorma, kappaletavara
OOG	Out of Gauge, ylimittainen
OT	Open Top, katosta auki oleva kontti
PSYM	Pohjoismaisen speditööriliiton yleiset määräykset
RO-RO	Roll on – Roll off
RZD	Venäjän rautatiet

SWB	Sea Waybill, merirahtikirja
TEU	Twenty Foot Equivalent Unit, 20DC konttia vastaava mittayksikkö
VOFA	Avovaunu rautatieliikenteessä
VOSK	Syväkuormavaunu rautatieliikenteessä
VTL	Vägtransportledare, saatto Ruotsissa
IEC	International Electrotechnical Commission

---

**VAASAN YLIOPISTO****Teknillinen tiedekunta****Tekijä:**

Katja Alatorvinen

**Tutkielman nimi:**Muuntajan kuljetettavuuden parantaminen  
suunnittelun avulla: Case ABB Oy  
Transformers**Työn ohjaaja:**

Petri Helo

**Tutkinto:**

Kauppatieteiden maisteri

**Oppiaine:**

Tuotantotalous

**Opintojen aloitusvuosi:**

2012

**Tutkielman valmistumisvuosi:**

2014

**Sivumäärä:** 114

---

**TIIVISTELMÄ:**

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko ABB Oy Transformersin muuntajia mahdollista suunnitella kuljetettavuuden kannalta järkeviin ulkomittoihin. Tutkimukseen ryhdyttiin, koska kuljetettavuutta ei vielä huomioida järjestelmällisesti muuntajien suunnittelussa, vaikka sillä voi olla huomattavan suuri merkitys kuljetuskustannuksiin. Tutkimuksen avulla pyrittiin lisäksi selvittämään mitta- ja painorajat eri kuljetusmuodoille ja kokoamaan tiedot selkeäksi kokonaisuudeksi, jotta kuljetettavuus olisi jatkossa mahdollista sisällyttää muuntajien suunnitteluprosessiin.

Tutkimuksen luonne oli soveltava kvalitatiivinen tutkimus ja sen empiirinen primaariaineisto hankittiin kahdella toisiaan tukevalla metodilla, eli kyselyillä ja teemahaastattelulla. Tietoa kerättiin yrityksen omalta suunnitteluosastolta sekä kuljetus- ja huolintaliikkeiltä, jotka tuntevat muuntajien kuljetusten erityispiirteet. Sekundääriaineistona käytettiin ABB Oy Transformersin omia ohjeistuksia sekä muita kuljetuksiin liittyviä dokumentteja ja kirjallisuutta.

Tutkimuksen tuloksista kävi ilmi, että suunnitteluvaiheessa on mahdollista huomioida myös kuljetettavuus yhtenä suunnittelun kriteerinä. Suunnittelijan on kuitenkin tehtävä valinta siitä, mitkä kriteerit ovat kulloinkin lopputuloksen kannalta tärkeimpiä. Kuljetus- ja huolintaliikkeiltä saatujen tietojen mukaan muuntajien kuljetuksiin vaikuttavat todella monet erilaiset tekijät, jotka riippuvat muuntajan kuljetettavuuden lisäksi myös toimitusehdosta, määräpaikasta sekä käytettävästä kuljetusmuodosta ja kalustosta. Vaikka tarkkoja mitta- ja painorajoja oli vaikeata määrittellä, suunnittelua varten koottiin selkeä ja yksinkertainen taulukko, josta suuntaa antavaa tietoa saa nopeasti ja helposti. Tutkimuksen ansiosta suunnittelijat tietävät, miten suunnittelun aikana tehty valinnat vaikuttavat toimitusketjun viimeiseen osaan, eli valmiin tuotteen kuljetukseen.

---

**AVAINSANAT:** Kuljetus, kuljetettavuus

---

**UNIVERSITY OF VAASA****Faculty of technology****Author:****Topic of the Master's Thesis:**

Katja Alatorvinen

Improving Transportability of  
Transformer with Design: Case  
ABB Oy, Transformers**Instructor:**

Petri Helo

**Degree:**Master of Science in Economics  
and Business Administration**Major subject:**

Production Management

**Year of Entering the University:**

2012

**Year of Completing the Master's Thesis:**

2014

**Pages: 114**

---

**ABSTRACT:**

The purpose of this study was to find out if it's possible for ABB Oy Transformers to design the transformers according to transportability so that the transport dimensions would be reasonable. Before this study transportability was not taken into account systematically even though it may have substantial effect on transport costs. Objective of this study is to determine the optimal measurements and weights for different transport methods and combine the information to a clear chart. This would enable the designers to include transportability into transformer design specifications.

The nature of this study is a qualitative research and the empirical primary data was collected with questionnaires and theme interviews. Two methods were used because those complement each other. Primary data was gathered from transport and forwarding companies and also from transformer design engineering. ABB Oy Transformers' own instructions as well as other documents and literature concerning transports were used as secondary sources of data.

The study revealed that it is possible to take transportability into account in transformer design process as one of the design specifications. Anyhow, there are also other important specifications so designer has to determine which ones are the most important for each transformer. According to transport and forwarding companies there are several different factors that have an effect on transportations of transformers and in addition to transportability they have to consider also delivery terms, place of delivery, transport mode and equipment. Even though it is hard to determine exact limits for weights and measurements a simple and clear chart was put together so that design engineers are able to get needed information quickly and easily. The benefit of this study is that design engineers know how their choices in the transformer design affect the outbound transportation of a transformer which is the last link in the supply chain.

---

**KEYWORDS:** Transportation, transportability

## 1. JOHDANTO

Suomessa valmistetaan paljon raskaan teollisuuden tuotteita, jotka sisältävät uusinta teknologiaa ja osaamista. Asiakkaat ympäri maailman arvostavat laadukkaita ja kestäviä tuotteita etenkin energiantuotantoon liittyvissä projekteissa, jotka ovat arvokkaita sekä rahallisesti että infrastruktuurin kannalta. Suomen kalliin hintatason ja maantieteellisen sijainnin takia on kuitenkin haasteellista pysyä mukana kiristyvässä markkinatilanteessa, joten on tärkeää, että ainakaan valmiin tuotteen kuljetettavuus ja sen myötä kuljetuskustannukset tehtaalta asiakkaalle eivät muodostuisi esteeksi kaupankäynnille pitkistä välimatkoista huolimatta. Kuljetettavuudella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa tuotteen ominaisuuksia, joiden ansiosta tuotetta on helppoa ja mahdollisimman edullista kuljettaa pitkiäkin matkoja.

Tutkimuksen aihe syntyi, kun ABB Oy Transformersin myyntiosasto kiinnitti huomiota siihen, että yrityksen on entistä haastavampaa ylläpitää markkinaosuuksia etenkin pohjoismaissa keskieurooppalaisia kilpailijoita vastaan. Kävi ilmi, että vaikka kilpailijoilla on pidempi toimitusmatka esimerkiksi Norjaan, heidän muuntajansa on suunniteltu erityisesti kuljetuksen kannalta optimaalisiin ulkomittoihin. Tämän ansiosta kilpailijat ovat saavuttaneet paremman kuljetettavuuden avulla pienemmät rahtikustannukset ja sitä kautta kilpailuetua maantieteellisesti asiakasta lähempänä olevaan suomalaiseen valmistajaan verrattuna. Toki muitakin syitä, kuten Suomen hintatasoa alemmat henkilöstö- ja komponenttikustannukset, saattaa olla, mutta kuljetuskustannusten todettiin olevan ainakin yksi osatekijä.

Muuntajatehtaan vientihuolintaosasto on jatkuvasti tekemisissä kuljetuskysymysten kanssa ja myös siellä on jo aiemmin tullut esiin tapauksia, joissa kuljetuskustannuksissa olisi voitu säästää huomattavastikin, jos muuntajan ulkomitat olisivat olleet vain muutamia senttimetrejä pienemmät esimerkiksi leveyden tai korkeuden osalta. Muutamakin senttimetri voi olla ratkaisevana tekijänä siinä, mahtuuko muuntaja esimerkiksi merikonttiin tai tavalliseen traileriin, vai pitääkö kuljetus hoitaa kalliimmalla erikoiskalustolla. Joissain tapauksissa vääränlaiset kuljetusmitat voivat olla jopa esteenä kuljettamiselle. Esimerkiksi junalla kuljetettavan muuntajan on mahdollista



kulkemaan tunneleista, meritse kuljetettavan on mahdollista laivan lastiluukusta sisään ja maanteilla kuljetettavan on mahdollista siltojen alta. ABB Oy Transformersilla ei ole aikaisemmin tutkittu kuljetusmittojen vaikutusta kuljetettavuuteen, vaan valmiille muuntajalle on etsitty paras mahdollinen kuljetusmuoto niillä mitoilla, joilla muuntaja on valmistunut. Tämän tutkimuksen avulla pyritäänkin muuttamaan tilannetta siten, että muuntajat suunnitellaan alusta asti mahdollisimman järkeväksi kuljetettavuuden kannalta.

Ruotsalainen huonekalujätti Ikea on myös huomannut, että kuljetettavuuteen kannattaa panostaa. Ikea pyrkii siihen, että rekoissa ei kuljeteta ilmaa huonon pakkaussuunnittelun seurauksena, joten se on jo vuosikymmenten ajan tehnyt töitä asian korjaamiseksi. Ikea pyrkii suunnittelemaan tuotteensa alusta lähtien niin, että ne pystyvät myös kuljettamaan litteässä ja vähän tilaa vievässä pakkauksessa. Ikea on lisäksi tehnyt pakkaustensa uudelleensuunnittelua kuljetuskaluston vaatimusten mukaisesti. Ikea on esimerkiksi kohdannut muuntajakuljetusten kanssa samankaltaisen ongelman erään sohvamallistonsa pakkauksissa. Yhteistyössä alihankkijansa kanssa Ikea pienensi erään sohvapakkauksen leveyttä vain yhdellä senttimetrillä, jonka ansiosta traileriin saatiin mahtumaan neljä ylimääräistä sohva. Pienellä muutoksella pakkaustensa ulkomitoissa Ikea saavutti suuren hyödyn niin taloudellisesti kuin ympäristövaikutustenkin kannalta. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on saavuttaa samanlaista hyötyä myös ABB:n muuntajakuljetuksille ottamalla kuljetettavuus huomioon jo suunnitteluvaiheessa. (Mangan, Lalwani, Butcher & Javadpour 2012: 333; IKEA 2013: 310.)

ABB Oy Transformers on valmistanut muuntajia Vaasassa jo vuodesta 1947 ja henkilökuntaa on n. 330 (vuonna 2013). Vaasan tehdas on suuntautunut erikoismuuntajiin, joiden tärkeimmät markkina-alueet ovat kotimaan lisäksi Ruotsi, Norja ja Venäjä. Kokonaisuudessaan muuntajia toimitetaan yli 50 maahan. Tehtaalta toimitetaan vuosittain noin 800 muuntajaa, joista 93 % menee vientiin. (ABB 2013a.) Vaasan muuntajatehtaalta toimitetaan erikokoisia muuntajia ympäri maailman, ja muuntajan kuljetusmitat ja – paino määrittävät pitkälti sen, minkälaisella kuljetusmuodolla ja kalustolla toimitus hoidetaan. Pienimmät muuntajat painavat ainoastaan muutamia tonneja, kun taas isoimmat voivat ylittää sadankin tonnin painon.

Muuntajia ei valmisteta sarjatuotantona, vaan tuote suunnitellaan vastaamaan asiakkaan vaatimuksia tilauksen mukaisesti. Tämän takia suunnittelu on mukana lähes jokaisen projektin alkuvaiheessa, jolloin muuntajan ulkomitat käytännössä vaihtelevat todella paljon. Muuntajan ja muidenkin teollisuudenalojen tuotteiden suunnittelussa haasteellisuutta lisää se, että suunnittelupuolen henkilöstö ei ole yleensä mukana tuotteen valmistamisessa ja lähettämisessä, jolloin he eivät näe tekemiensä ratkaisujen vaikutuksia käytännössä. Yrityksillä on kuitenkin mahdollisuus jalostaa tuotteistaan kuljetuksen kannalta järkevämpiä ja tehokkaampia tuomalla toimitusketjun osaamista suunnitteluun, ja juuri siihen tällä tutkimuksella pyritään. (Mangan ym. 2012: 393.)

### **1.1. Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskysymykset**

ABB:n kokoisella yrityksellä vuosittainen rahtivolyymi on huomattava ja yritys pyrkiiikin aktiivisesti pitämään rahtikustannukset mahdollisimman pieninä kilpailuttamalla huolinta- ja kuljetusliikkeitä systemaattisesti globaalilla tasolla. Suuren volyymin ansiosta ABB saakin neuvoteltua kilpailukykyiset rahtihinnat ja hyvät kuljetussopimukset. ABB:llä on toimiva globaali perusrahtien kilpailutusjärjestelmä, mutta erikoiskuljetusten rahdit kilpailutetaan aina tapauskohtaisesti, koska niille ei ole olemassa tiettyä hinnastoa. Tutkimuksen tarkoituksena ei ole puuttua rahtien hintoihin itsessään. Tutkimus sitä vastoin keskittyy selvittämään, mitä ABB Oy Transformers voi sisäisesti tehdä paremmin, jotta muuntajien kuljetettavuus paranisi ja kuljetuskustannukset mahdollisesti pysyisivät sen ansiosta pienempinä. Tutkimuksen ensimmäinen tutkimuskysymys on: *”Onko ABB:n muuntajatoimitusten kustannuksia mahdollista saada pienennettyä optimoimalla muuntajan kuljetettavuutta?”*

Muuntajan kuljetusmittoihin vaikuttavat monet erilaiset tekijät, kuten esimerkiksi muuntajan sähkötekniset ominaisuudet. Tutkimuksen tarkoituksena on luoda uusi suunnitteluvaihetta tukeva työkalu, jonka avulla muuntajan kuljetettavuutta saadaan parannettua kuljetusmittoja optimoimalla. Työkalun avulla olisi tavoitteena saada karsittua pois sellaiset turhat rahtikustannukset, jotka syntyvät kun muuntaja pitää

mittojen tai painon takia kuljettaa tarvetta järeämmällä ja sen takia kalliimmalla kuljetuskalustolla.

Määrämailla ja toimituspaikoilla on muuntajien kuljetusten kannalta erilaiset vaatimukset, jotka pitää ottaa huomioon; esimerkiksi pohjoismaihin toimitukset hoidetaan pääasiassa trailer- ja lavettikuljetuksilla, kun taas kaukaisemmat toimituspaikat vaativat meri- tai junakuljetusta. Tässä tutkimuksessa pohjoismaiksi käsitetään perinteisestä määrittelystä poiketen ainoastaan Suomi, Ruotsi ja Norja. Muuntajakuljetuksissa käytetään usein myös yhdistettyä kuljetusta, jolloin pitää huomioida usean kuljetusmuodon asettamat rajoitukset. Kuljetustapoja on siis useita ja pääsääntöisesti mitä isompaa tavaraa kuljetetaan, sitä kalliimpaa kalustoa pitää käyttää. Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin selvittää muuntajan optimaaliset kuljetusmitat eri kuljetusmuotoihin, jotta kuljetettavuus paranisi ja ylimääräisiltä rahtikuluilta vältyttäisiin.

Suunnittelun avulla muuntajaa ei pystytä aina saamaan kuljetuksen kannalta täydellisen optimaalisiin ulkomittoihin, eikä se ole tämän tutkimuksen tarkoituksena. Suunnittelun on kuitenkin tiedettävä ja mahdollisuuksien mukaan otettava huomioon kriittiset ulkomittojen rajat, jotka vaikuttavat oleellisesti rahtikustannusten muodostumiseen. Muuntajan suunnitteluvaihe kuitenkin sitoo yrityksen resursseja ja se vaikuttaa toimitusaikoihin, joten suunnitteluun ei kannata puuttua ilman painavaa syytä. Tutkimuksen tarkoituksena on tämän takia kohdistaa suunnittelun resursseja ja kuljetettavuuden optimointia juuri sellaisiin projekteihin, joissa sillä saavutetaan paras mahdollinen hyöty. Toinen tutkimuskysymys on: *”Mitkä ovat muuntajan kuljetusmittojen kriittiset raja-arvot eri kuljetusmuodoissa?”*

Rahtikustannukset ovat ABB Oy Transformersilla huomattavan suuri menoerä ja näitä kustannuksia pyritäänkin aktiivisesti pienentämään erilaisia ratkaisuja hakemalla. Kustannussäästöjen saavuttaminen on tärkeä päämäärä myös yrityksen kilpailukyvyn kannalta, joten kolmanneksi tutkimuskysymykseksi asetetaan *”Kuinka paljon voidaan vuosittain säästää optimoimalla muuntajan kuljetettavuutta?”*

## 1.2. Tutkimusmetodi ja aiheen raja

Tutkimuksen teoriaosuudessa kerrotaan ensin ABB:stä yrityksenä ja kohdeyksikkö ABB Oy Transformersin toiminnasta Vaasan tehtaalla. Lisäksi kerrotaan millainen tuote ABB:n muuntaja on niin teknisesti kuin kuljetettavuudenkin kannalta, ja perehdytään hieman muuntajan suunnittelu- ja kuljetusprosessiin. Kolmannessa kappaleessa tarkastellaan toimitusketjun hallintaa ja siihen kuuluvaa logistiikkaa sekä selvitetään, kuinka logistiikka voi vaikuttaa yrityksen kilpailuasemaan ja kannattavuuteen. Seuraavassa kappaleessa kerrotaan tarkemmin eri kuljetusmuodoista ja niiden käyttämisestä muuntajien kuljetuksissa. Neljännessä kappaleessa tarkastellaan tuotteen suunnittelua etenkin logistiikan kannalta.

Tutkimuksen empiirinen osuus jakautuu kahteen pääryhmään: kuljetus- ja huolintaliikkeiden sekä ABB Oy Transformersin suunnitteluosaston kyselyihin ja haastatteluihin. Ensimmäisessä osuudessa selvitetään kuljetus- ja huolintaliikkeiltä kvalitatiivisella metodilla ne kuljetusmittoihin liittyvät seikat, jotka vaikuttavat kuljetuskustannuksiin. Kuljetus- ja huolintaliikkeille lähetetään ensin kysely, jossa kartoitetaan tarkkoja teknisiä asioita kuljetuskalustosta ja sen jälkeen tehdään teemahaastattelut kyselyyn vastanneille. Tutkimukseen valitaan muutamia kuljetus- ja huolintaliikkeitä, jotka toimivat aktiivisesti muuntajien kuljetuksissa ja tuntevat tuotteen ja sen erityispiirteet jo ennakkoon. Lisäksi kansainvälisessä rahtiliikenteessä toimivilla kuljetus- ja huolintaliikkeillä on kokemusta kohdemaista ja tietoa eri maiden vaatimuksista kuljetustapojen ja – lupien suhteen. Tutkimuksen pääpaino on kuitenkin tässä osuudessa kuljetuskaluston asettamisissa rajoituksissa kuljetusmittoille. Kuljetusliikkeillä on ainakin osittain omaa kalustoa käytettävissä ja huolintaliikkeillä alihankkijoiden tai varustamoiden kalustoa, joiden osalta ratkaisevat kuljetusmitat kartoitetaan. Etenkin lavettikuljetuksissa kalustolla on suuri merkitys kuljetuskustannuksiin ja eri kuljetusyrityksillä on käytettävissä erilaista kalustoa, joten tietoja kerätään useasta lähteestä kattavan tuloksen saamiseksi. Valituilta kuljetus- ja huolintaliikkeiltä tiedustellaan halukkuutta osallistua tutkimuksen tekoon etukäteen ja edustajien kanssa sovitaan haastatteluista.

Empiirisen osion toinen puoli koskee muuntajan suunnitteluprosessia. Suunnitteluosaston kanssa käydään haastattelun avulla läpi ne asiat, jotka vaikuttavat muuntajan lopullisiin kuljetusmittoihin. Kuljetuskustannusten kannalta tärkeimmät tiedot ovat yleensä muuntajan leveys, korkeus ja paino, joten suunnittelun kanssa selvitetään, pystytäänkö niihin ylipäättään vaikuttamaan ja jos pystytään niin millaisilla keinoilla. Lisäksi suunnittelusta halutaan saada selvitettyä, missä vaiheessa suunnittelun on saatava impulssi muuntajan ulkomittojen ”kriittisistä” raja-arvoista, jotta ne voidaan ottaa huomioon kuljetusmittojen määräytymisessä. Tutkimuksen lopussa tehdään kustannusanalyysi, jossa selvitetään kuinka paljon säästöä voidaan saavuttaa optimoimalla muuntajan kuljetusmitat.

Tutkimus rajataan koskemaan valmiiden muuntajien vientikuljetuksia Vaasan tehtaalta kaupalla määrättyyn toimituspaikkaan, eli esimerkiksi komponenttien tuontilähetysket alihankkijoilta tehtaalle rajataan tutkimuksen ulkopuolelle. Tutkimus keskittyy kolmeen eri toimitusalueeseen, jotka ovat pohjoismaat (Suomi, Ruotsi ja Norja), Eurooppa pääpiirteittäin sekä kaukaisemmat kohteet, joiden kuljetus hoidetaan merirahtina tai junakuljetuksena. Muuntajia kuljetetaan maitse junavaunuilla, trailereilla ja laveteilla, meritse tavallisissa konteissa, Flat Rack-alustoilla, Open Top-konteissa, lauttavaunuilla eli mafeilla tai Break Bulkina, eli ilman kuljetusyksikköä. Näitä kuljetusmuotoja tarkastellaan enemmän teoriaosuudessa. Joskus muuntajia pitää myös kuljettaa lentokoneella, charter-aluksella tai jokilaivalla, mutta ainoastaan erikoistapauksissa, joten nämä muuntajakuljetusten kannalta harvinaisemmat kuljetusmuodot rajataan tutkimuksen ulkopuolelle.

## **2. ABB OY TRANSFORMERS**

ABB sai alkunsa vuonna 1988, kun ruotsalaislähtöinen Allmänna Svenska Elektriska Kraftbolag (ASEA) ja sveitsiläinen Brown, Boveri & Cie (BBC) yhdistyivät vuonna 1988. Molemmat yritykset olivat aktiivisesti toimineet kehittyvien teknologioiden parissa jo 1800-luvun lopusta alkaen ja molemmat yritykset olivat mukana kehittämässä muun muassa ensimmäisiä laitteita sähkön tuotantoon ja siirtoon. Vaasassa niin muuntajatehtaan kuin monen muunkin ABB:n yksikön juuret ovat Gottfrid Strömbergin 1800-luvun lopussa perustamassa sähköliikkeessä. Neljän miehen konepajasta kehittyi yksi Suomen merkittävimmistä teollisuusyrityksistä ja sen tunnuslauseena oli ”Hyvä työ ja parhaat raaka-aineet”. (ABB 2013b.)

Nykyään ABB työllistää noin 130 000 henkilöä ja liiketoimintaa on noin 100 maassa. ABB:n ydinliiketoiminnot on jaettu viiteen divisioonaan, joita ovat Sähkövoimatuotteet, Sähkövoimajärjestelmät, Sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio, Pienjännitetuotteet ja Prosessiautomaatio. ABB Oy Transformers kuuluu Sähkövoimatuotteiden divisioonaan, jonka toiminnot keskittyvät luotettavaan voimansiirtoon ja sähkönjakeluun. ABB:llä on neljä muuntajatehdasta, joista Vaasan tehdas toimii ns. ”Lead Center”-roolissa. ABB Oy Transformersin Vaasan tehtaalle on keskitetty kaikkien muuntajatehtaiden tutkimus- ja tuotekehitystoiminnot. (ABB 2013a, ABB 2013c.)

### **2.1. Muuntaja tuotteena**


Muuntaja on yli 100 vuotta vanha keksintö ja se on yksi sähköverkon tärkeimmistä komponenteista, joka muuntaa jännitteen sähköverkkoon sopivaksi. ABB:n muuntajia käytetään mm. voimalaitoksissa, sähköasemilla, teollisuuslaitoksissa, ostoskeskuksissa, rautateillä, öljy- ja kaasukentillä sekä aurinko- ja vesivoimaloissa. ABB Oy Transformersin Vaasan tehdas valmistaa tasasuuntaaja- ja uunimuuntajia, laiva- ja offshore-muuntajia, taajuusmuuttajakäyttöjen ja rautateiden sähköistysverkon muuntajia sekä reaktoreita. Vaasan tehdas on suuntautunut kehittämään ja valmistamaan etenkin

haasteellisempia erikoismuuntajia. Vaasan tehtaalla valmistetaan muuntajia etenkin erityisen vaativiin olosuhteisiin, kuten alhaisiin tai korkeisiin lämpötiloihin tai vaarallisiin paikkoihin. Uusimpana innovaationa on kehitetty vedenalainen muuntaja, jonka avulla öljyä ja kaasua voidaan tuottaa jopa kolmen kilometrin syvyydessä. Muuntajatehtaan tärkeimpiä asiakassegmenttejä ovat muun muassa voimantuotanto ja -siirto, liikenne, merenkulku sekä metalli-, kemikaali-, paperi- ja öljyteollisuus. (ABB 2013c.)

Muuntajan rakenne on pysynyt suunnilleen samanlaisena siitä lähtien kun se on keksitty. Muuntajan toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon; sähköenergia muunnetaan ensin magneettien energiaksi ja sitten päinvastoin. Muuntajan sisällä on aktiiviosa, joka koostuu rautalevyistä ladotusta sydäimestä ja käämityksistä, jotka tehdään joko kuparilangasta tai sähköalumiinista. Muuntajan ensiökäämiin johdetaan vaihtojännite, jolloin sydämeen muodostuu muuttuva magneettivuoto. Magneettivuonon lävistäessä samalla sydämellä olevan toisiokäämin jännite indusoituu siihen. Aktiiviosaan kuuluvat käämit lämpenevät käytön aikaisten häviöiden takia, joten muuntajan säiliö on täynnä eristävää muuntajaöljyä, joka auttaa lämmönsäätelyssä. (ABB Muuntajatekniikan perusteet 2012.)

Ulospäin muuntajasta näkyy vai pieni osa komponenteista. Näkyvin osa on tietenkin itse säiliö, jonka tehtävänä on toimia laitteen kantavana runkona, öljysäiliönä ja lisäksi jäähdyttimenä. Muuntajan ja sen sisältämän öljyn jäähdyttämisen tehostamiseksi tankin ulkopuolelle voi olla sijoitettu radiaattoreita, joita ilmavirta jäähdyttää. Radiaattoreihin on joskus myös asennettu ylimääräiset tuulettimet. Pienemmät muuntajat valmistetaan aaltolevysäiliöillä, jolloin aaltoelementit korvaavat radiaattorit ja joskus myös paisuntasäiliön. Paisuntasäiliö on yleensä sijoitettu muuntajatankin kannelle tai sen yläpuolelle isommissa muuntajissa, ja se toimii paisuntatilana, kun muuntajaöljyn tilavuus muuttuu lämpötilan mukaan. Myös läpiviennit ovat yleensä muuntajan kannella tai kyljessä ja niiden kautta muuntaja kytketään sähköverkkoon. Muita muuntajasta ulospäin näkyviä osia ovat mm. kaasurele, ylipaineventtiili, lämpömittarit, ilmankuivain ja apujohtokaappi. (ABB Muuntajatekniikan perusteet 2012.)

Muuntajia valmistetaan Vaasan tehtaalla kolmella tuotantolinjalla (Kuva 1.) ja pääsääntöisesti linjalta I valmistuvat teho- ja kokoluokaltaan pienimmät, linjalta II keskikokoiset ja linjalta III suurimmat muuntajat. Linjan I muuntajat ovat yleensä painoltaan vai muutamia tonneja ja mahtuvat mittojen puolesta yleensä hyvin traileriin tai konttiin. Linjojen II ja III muuntajissa on enemmän vaihtelua; kuljetuspaino voi vaihdella muutamasta tonnista n. 120 tonniin. Pituudet voivat vaihdella noin kolmesta metristä yli yhdeksään metriin ja leveydet n. kahdesta neljään metriin. Leveys jää kuitenkin usein alle kolmen metrin, joten se ei yleensä ratkaisevasti vaikuta muuntajan kuljetettavuuteen. Korkeus voi vaihdella reilusta kahdesta metristä n. 4,5 metriin.

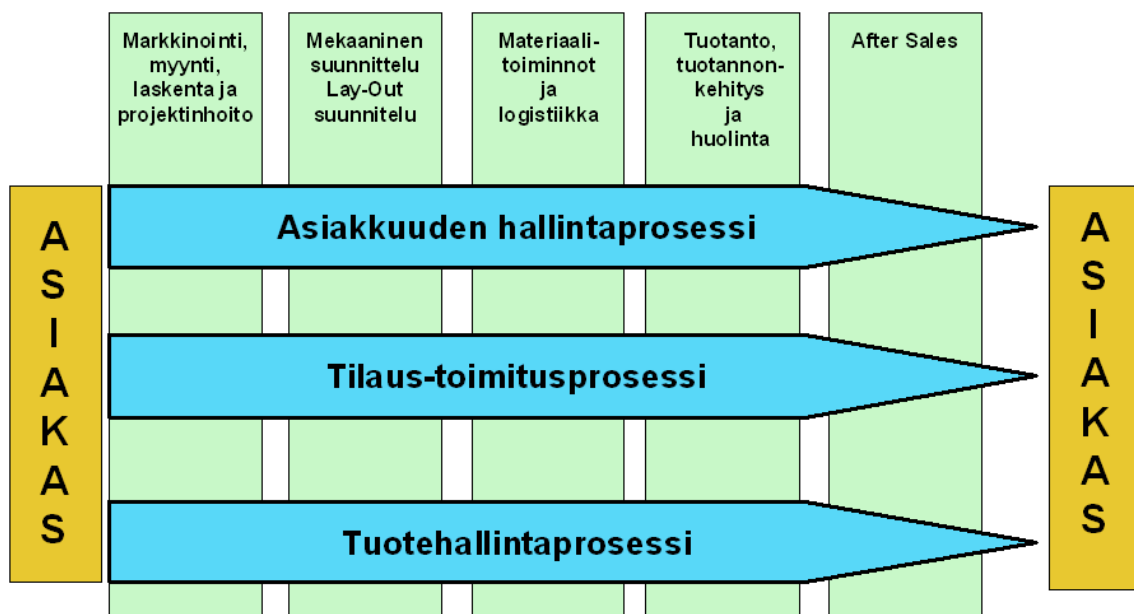
		
Line 1	Line 2	Line 3
Wind on leg	Wind on mandrel	Wind on mandrel
Up to 5MVA, 36kV	< 40 MVA, <123 kV	> 40 MVA, >123 kV
400 pcs per year	300 pcs per year	100 pcs per year
Small VSD trafos, windmill, multiwinding	Railway boosters & auto, marine & offshore, VSD	Reactors, furnace & rectifiers
Del. time 4 months	Del. time 6 months	Del. time 8 months

**Kuva 1.** Tuotantolinjat (ABB 2013d).



## 2.2. Ydinprosessit

ABB Oy Transformersin toiminnasta on yksilöity kolme tärkeintä ydinprosessia (Kuva 2.), joita ovat asiakkuuden hallintaprosessi, tilaus-toimitusprosessi ja tuotehallintaprosessi. Asiakkuuden hallintaprosessin tarkoituksena on korkea asiakastyytyväisyys, joka mahdollistaa toiminnan jatkuvuuden uusien tilausten kautta. Tilaus-toimitusprosessi sisältää monia toimintoja yrityksen sisällä ja sen tavoitteena on lopulta muuntajan toimittaminen asiakkaalle toimitusehtojen mukaisesti samalla taloudelliset tavoitteet täyttäen. Kolmas ydinprosessi, eli tuotehallintaprosessi, kehittää ja ylläpitää tuotteita sekä osaamista. Kaikki kolme ydinprosessia liittyvät omalta osaltaan yrityksen viiteen erilaiseen toiminnan alueeseen, joita kaikkia tarvitaan muuntajien liiketoiminnassa. Kaikki ydinprosessit suoritetaan aina asiakaslähtöisesti ja asiakasta varten. (ABB Oy Transformers sisäinen ohjeisto 2014).



**Kuva 2.** Ydinprosessit ABB Oy Transformersissa..

Muuntajan kuljetettavuuteen liittyvien ongelmien on perinteisesti ajateltu kuuluvan ainoastaan huollinnan työnkuvaan, koska huollinnan tehtävänä on toimittaa muuntaja

toimitusehdon mukaisesti. Kuljetettavuuteen liittyvät asiat ovat kuitenkin todellisuudessa linkittyneet kaikkiin kolmeen ydinprosessiin. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan ensin vaihetta, jossa kuljetettavuuteen liittyvät asiat lyödään lukkoon, eli myynti- ja suunnitteluprosessia ja sen jälkeen huolintaprosessia sekä muuntajien kuljetuksiin liittyviä yksityiskohtia.

### **2.2.1. Myynti- ja suunnitteluprosessi**

Muuntajien myyntiprosessi alkaa yleensä asiakkaan lähettämästä tarjouspyynnöstä, jossa määritellään kaupan vaatimukset. Teknisten vaatimusten lisäksi asiakas voi asettaa erityisiä vaateita tuotteen käyttökohteen ja – ympäristön aiheuttamien rajoitteiden takia. Muita vaatimuksia voivat olla toimitusehto, muuntajan asennus ja käyttöönotto sekä erilaiset dokumentaatiovaatimukset. Myynnin tehtävänä on suorittaa erityinen tarjouskatselmus, jossa käydään läpi kaikki kauppaan liittyvät tekniset ja kaupalliset vaatimukset ja sisäisten kriteerien täytyessä tehdään lopulta kaupan riskiarviointi. Vasta tämän prosessin jälkeen asiakkaalle lähetetään tarjouspyynnön mukainen tarjous. (ABB Oy Transformers sisäinen ohjeisto 2014).

Suunnitteluprosessiin kuuluu monia vaiheita ja erilaisia suunnittelun osioita. Myyntivaiheessa tarjottavalle muuntajalle tehdään ensimmäisenä suunnittelun osana tekninen laskenta, josta selviävät mm. muuntajan valmistuskustannukset. Kun asiakas on tilannut muuntajan, sähköinen suunnittelu laskee muuntajan sähköiset ja tekniset arvot, jolloin selviävät mm. muuntajan sydämen, käämien ja säiliön mitat. Sähköisen suunnittelun jälkeen tehdään aktiiviosa- ja asiakassuunnittelu, jonka aikana muodostuvat asiakkaalle lähetettävät piirustukset, kuten mitta- ja kuljetuspiirustukset. Viimeinen suunnittelun vaihe on mekaaninen suunnittelu, jossa johdotusten ja teräsosien suunnittelu lyödään lukkoon sekä laaditaan pakkauksiin ja kuljetuksiin liittyviä dokumentteja. Lopuksi järjestetään vielä suunnittelun katselmointi, jossa varmistetaan että asiakkaan vaatimukset täyttyvät ja sisäiset suunnitteluohjeet, muuntajastandardit ja viranomaismääräykset on otettu suunnittelun aikana huomioon. Tämän jälkeen alkaa komponenttien hankintavaihe sekä tuotannon suunnittelu ja lopulta myös varsinainen tuotanto. (ABB Oy Transformers sisäinen ohjeisto 2014).

### **2.2.2. Huolintaprosessi**

Huolinnalla tarkoitetaan ABB Oy Transformersin tapauksessa muuntajien lähetyksiä hoitavaa osastoa. Huolinnan tehtäviin kuuluu kuljetusten järjestämisen lisäksi kuljetusdokumenttien laatiminen, aikataulujen koordinoiminen, kauppojen laskutus ja erilaiset raportoinnit. Huolintatermin käyttäminen on ABB:llä hieman poikkeuksellista, koska yleisesti huolinnalla kuitenkin tarkoitetaan huolintaliikkeen henkilöstöä ja sen suorittamia tehtäviä.

ABB Oy Transformersin huolinta on yleensä mukana jo muuntajien myyntivaiheessa jos asiakkaalle tarjotaan muuntajan toimitusta osana kauppahintaa. Myyjä lähettää huolitsijalle kaupan alustavat tiedot, joiden perusteella kuljetukselle pyydetään hintaindikaatioita kuljetus- tai huolintaliikkeeltä. Hintaindikaatio perustuu mm. muuntajasta annettuihin mitta- ja painotietoihin, muuntajien lukumäärään, tarvikkeiden määrään, toimitusehtoon ja määränpäähän. (ABB Oy Transformers sisäinen ohjeisto 2014).

Hintaindikaatio on aina kulloinkin voimassa olevien rahtihintojen ja rahdin lisien mukainen, eikä se sido indikaation antajaa van sen on tarkoitus olla suuntaa antavaa tietoa myyntiä varten. Jo indikaatiovaiheessa muuntajan kuljetettavuudella on tärkeä asema, koska pääsääntöisesti mitä isommilla kuljetusmitoilla indikaatiot tehdään, sitä kalliimmat ovat myös rahtihinnat. Indikaation antamiselle on yleensä todella vähän aikaa, joten suunnittelusta tulevien alustavien kuljetusmittojen pitäisi olla heti optimaaliset kuljetettavuuden kannalta. Tällä hetkellä kuljetettavuutta ei kuitenkaan oteta vielä järjestelmällisesti huomioon. Kaupat joko saadaan tai hävitään myyntivaiheessa, joten kuljetusmittojen pitäisi olla mahdollisimmat järkevät ja realistiset jo prosessin alkuvaiheessa.

### **2.3. Muuntajien kuljetukset**

ABB Oy Transformersin muuntajat on suunniteltu toimimaan ulkona sääilmiöiden ja lämpötilanvaihteluiden armoilla, joten muuntaja ei ole kuljetuksen kannalta äärimmäisen herkkä tuote. Muuntajan säiliö suojaa herkempää sydäntä kolhuilta, mutta muuntajan kuljetuksessa pitää silti käyttää huolellisuutta ja harkintaa. Pienemmät muuntajat kuljetetaan yleensä kokonaisina, mutta isommista muuntajista puretaan kuljetuksen ajaksi joitakin osia, kuten radiaattorit, paisuntasäiliö, tuulettimet ja läpiviennit. Purettuja osia kutsutaan muuntajan tarvikkeiksi ja ne kuljetetaan yleensä samaan aikaan itse muuntajan kanssa. Tarvikkeita purkamalla muuntajan kuljetusmittoja saadaan jonkin verran pienennettyä, mutta optimaalisen kuljetettavuuden kannalta se ei aina kuitenkaan riitä.

Muuntaja kuljetetaan usein öljyllä täytettynä, mutta joissakin tapauksissa muuntajan suuren kuljetuspainon vuoksi öljy tyhjennetään, jolloin muuntajan painokin laskee. Öljy kuljetetaan muuntajan tarvikkeiden mukana joko tynnyreissä, öljykonteissa tai tankkikonteissa. Muuntajaöljy ei ole luokiteltu kuljetuksen kannalta vaaralliseksi aineeksi. Muuntajan sydäntä pitää suojata hapettumiselta mahdollisimman hyvin, joten muuntaja täytetään typellä öljyn poiston ja kuivauksen jälkeen. Myös muuntajan ulkopuolelle asennetaan typpipullo, josta sitä voidaan lisätä muuntajasäiliöön automaattisen venttiilin kautta. Typpi estää happea pääsemästä muuntajan rautasydämeen, jolloin aktiiviosa pysyy mahdollisimman hyvässä kunnossa koko kuljetuksen ajan aina siihen asti kunnes muuntaja asennetaan paikalleen ja täytetään taas öljyllä. Typellä täytetyn muuntajan kuljetuksessa on erityisesti huomioitava se, että typpi muuttaa kuljetuksen luonteen vaarallisten aineiden kuljetukseksi pääsääntöisesti kaikissa muissa kuljetusmuodoissa, paitsi maantiekuljetuksissa.

Muuntajista laaditaan yleensä yksityiskohtainen kuljetuskuva (LIITE 1.), josta käyvät ilmi kaikki tärkeimmät tiedot muuntajan kuljettamiseen ja käsittelyyn. Kuljetuskuvassa muuntaja on kuvattu kuljetuskunnossa sivulta, päädystä, kannelta ja pohjasta. Kuvaan on merkitty tarkat tiedot muuntajan pituudesta, leveydestä ja korkeudesta sekä kuljetuspainosta ja painopisteestä. Kuljetuskuvassa on tarkat tiedot siitä, miten muuntajaa voidaan nostaa ja mitkä ovat oikeat nostopaikat. Lisäksi kiinnittämistä varten muuntajassa on valmiina erityiset kiinnityspisteet, jotka on myös selkeästi merkitty

kuvaan. Jos muuntajaan on asennettu tyypipullo, se näkyy kuljetuskuvassa ja on myös tekstein merkitty, jotta se varmasti huomataan. Kuljetuskuva lähetetään aina kuljetus- tai huolintaliikkeelle ja lisäksi se on kiinnitetty muovitaskuun muuntajan kylkeen. Kuljetuskuvan perusteella kuljetusliike määrittelee oikeanlaisen kuljetuskaluston, ja sitä voidaan tarvita myös kuljetusluvan hakemiseen.

Muuntajan kuljetuksessa on tiettyjä pääsääntöjä, joita tulee aina tilanteesta riippumatta noudattaa. Muuntaja pitää esimerkiksi aina kuljettaa pystyasennossa, eli sitä ei voida kääntää esimerkiksi kyljelleen korkeuden laskemiseksi. Muuntajassa on omat nosto- ja kiinnityspisteensä, jotka on myös merkitty kuljetuskuvaan, joten kaikille kuljetuksen osapuolille pitäisi olla selvää miten muuntaja sidotaan kuljetusyksikköön. Sidontaa ei saa tehdä mistään muista paikoista, koska muuntaja tai joku sen komponenteista voivat vahingoittua. Etenkin suuremman kokoluokan muuntajiin asennetaan joskus erityinen laite, joka mittaa kuljetuksen aikana tapahtuvia iskuja sekä kiihtyvyyttä. Tietojen perusteella voidaan päätellä, onko muuntajaan voinut tulla kuljetuksen aikana vikoja, joita on mahdotonta havaita ulkoapäin.

### **3. LOGISTIIKKA OSANA TOIMITUSKETJUN HALLINTAA**

Toimitusketjun hallinta on määritelty verkostoksi, jossa erilaiset organisaatiot toimivat tuottaakseen lisäarvoa loppuasiakkaan tuotteelle tai palvelulle. Toimitusketjun hallinta ei ole yksittäinen toiminto, vaan siihen liittyy fyysisen materiaalivirran lisäksi myös informaatio- ja resurssivirrat. Resursseina voidaan pitää perinteisen rahoituksen lisäksi myös esimerkiksi henkilöstön osaamista, käytettävissä olevaa kalustoa ja yritysten välisiä läheisiä suhteita. Toimitusketju taas koostuu useista erilaisista toiminnoista, kuten kuljetuksesta, varastoinnista, ostotoiminnoista, markkinoinnista ja rahoituksesta. (Mangan ym. 2012: 10–11.) Tässä tutkimuksessa keskitytään yhteen toimitusketjun hallinnan osa-alueeseen, eli kuljetuksiin. Valmiin tuotteen kuljetus käsitetään osaksi logistiikkaa.

#### **3.1. Logistiikka**

Mangan ym. (2012: 9) määrittelevät logistiikan seuraavasti: Logistiikka on prosessi, jossa suunnitellaan, toteutetaan ja seurataan tehokasta tuotteiden kuljettamista ja varastointia sekä siihen liittyvien palveluiden ja informaation kulkua siten, että asiakkaan vaatimukset täyttyvät.

Eräs tapa määritellä logistiikka on saada oikea tuote oikealla tavalla, oikeana määränä ja laatuna, oikeaan paikkaan, oikeaan aikaan, oikealle asiakkaalle ja oikealla hinnalla. (Mangan ym. 2012: 9). Oikeanlainen logistiikka voi kuulostaa yksinkertaiselta, mutta koska logistiikkaan liittyy usein todella monia erilaisia tekijöitä, myös virheiden mahdollisuus on suuri. Tuote voi osoittautua vääräksi, jos esimerkiksi pakkausvaiheessa laatikkoon on merkitty väärän tuotteen tiedot tai vääränlaisen toimitustavan vuoksi tuote on vahingoittunut kuljetuksessa. Tuotteen oikea määrä voi myös olla merkattuna pakkaukseen, mutta avattaessa pakkauksesta voikin löytyä liian paljon tai liian vähän kyseistä tuotetta. Etenkin arvokkaissa ja suurissa teollisuuden tuotteissa oikeaan aikaan toimittaminen voi olla todella haasteellista, koska aikataulut ovat tiukkoja ja virheiden korjaaminen tuotantovaiheessa kostautuu prosessin loppupäässä, eli toimitusvaiheessa.

Myöhäisestä toimituksesta yritykselle voi myös tulla tuntevia sakkoja toimialasta ja sopimuksista riippuen. Tuotteen hintaan sisällytetään yleensä jo myyntivaiheessa osuus, joka on varattu tuotteen kuljettamiselle ja oikeaan hintaan kuljettaminen onkin tärkeää etenkin yrityksen kannattavuudelle. Liian kalliilla hinnalla toimittaminen syö yrityksen saamaa kateprosenttia, joten etenkin kalliiden erikoiskuljetusten toteuttaminen oikealla hinnalla on todellinen haaste monelle teollisuudenalan yritykselle, kuten ABB Oy Transformersille.

Logistiikka on asiakkaalle yleensä näkyvin osuus toimitusketjun hallinnasta, ja yrityksen imagon ja kilpailukyvyn kannalta onkin oleellisen tärkeää että se on hoidettu niin hyvin kuin mahdollista. Toimitusketjun hallinnalla voidaan loppuvaiheessa määrittää, kuinka nopeasti asiakas saa tuotteen ja millä hinnalla. Toimitusketjun hallinnan tehtävänä on määrittää, minkälaista lisäarvoa asiakkaalle halutaan tarjota. Lisäarvolla tarkoitetaan sitä hinnan erotusta, jonka asiakas on valmis maksamaan ja joka palvelun tuottamisesta on syntynyt. Valmiin tuotteen kuljettaminen asiakkaalle voi olla tärkeä lisäarvoa tuottava palvelu. Oleellista on kuitenkin ensin kartoittaa, mitä asioita asiakas arvostaa eniten: nopeaa ja vaivatonta toimitusta vai mahdollisimman alhaista hintaa. (Gattorna & Walters 1996: 6; Simchi-Levi ym. 2012: 368.)

### **3.2. Logistiikka kilpailuetuna**

Simchi-Levin ym. (2012: 368) ja Gattornan (1997: 18) mukaan yritysten suhtautuminen logistiikkaan on hiljalleen alkanut muuttumaan 1990-luvulta lähtien. Logistiikkaan on perinteisesti suhtauduttu ”välttämättömänä pahana”, mutta Gattorna esittää, että logistiikasta voidaan myös luoda yritykselle yksi keino erottautua kilpailijoista ja saavuttaa jopa kilpailuetua. Christopher (1998: 12) määrittelee lisäksi, että kilpailuetua tavoitellessaan yritysten tulisi ottaa huomioon hinnan lisäksi myös palvelutaso. Tulevaisuuden markkinajohtajalta vaaditaan sekä kilpailukykyisiä hintoja että alan parasta asiakaspalvelua. Tehokas logistiikka voi osaltaan olla vaikuttamassa tämän päämäärän saavuttamiseen.

Gattornan (1997) tutkimusten mukaan etenkin menestyneet yritykset ovat ottaneet logistiikan näkökulmat huomioon jo strategisissa valinnoissaan. Kansainvälistynyt kauppa on tuonut mukanaan mahdollisuuksia laajan asiakaskunnan muodossa, mutta samalla myös kilpailutilanne on entistäkin kovempi, koska samoista asiakkaista voidaan kilpailla monen kansainvälisen toimijan kesken. Etenkin nykyaikaisessa globaalissa markkinatilanteessa yritysten selviytymisen kannalta tuotanto- ja jakelukustannusten vähentäminen ja samaan aikaan laadun ja palvelutason parantaminen ovat erityisen tärkeitä päämääriä. (Gattorna 1997: 18; Simchi-Levi, Kaminsky, Simchi-Levi 2012: 313.)

Gattornan (1997) teoksessa on esitetty tutkimus, jonka pohjalta on laadittu 10 pääperiaatetta, joita käyttämällä yrityksen kannattavuutta voidaan parantaa logistiikkaan liittyvien valintojen avulla. Ensimmäisenä ja kaikkein tärkeimpänä pääsääntönä on **logistiikan liittäminen osaksi yrityksen strategiaa**. Yritys voi esimerkiksi erottautua kilpailijoista olemalla markkinoiden korkealaatuisin tuotteen ja palvelun tarjoaja ja sen pitäisi kaikilla toimintansa osa-alueilla painottaa etenkin laatua. Logistiikan laadukkuutta voidaan parantaa esimerkiksi etsimällä uusia innovatiivisia ratkaisuja sen sijaan että ainoastaan tyydytään parhaaseen vaihtoehtoon saatavilla olevista perinteisistä ratkaisuista. Logistiikka pitäisi lisäksi käsittää olennaisena osana yrityksen toimintoja, ja sen tulisi olla tiiviissä yhteistyössä muiden toimintojen, kuten myynnin, markkinoinnin, tuotannon ja tuotekehityksen kanssa. (Gattorna 1997: 23–25,40.) Karuksen (2003: 366) mukaan logistisen strategian pohjana pitäisi olla ajatus koko ketjun kehittämisestä ja jouston hakemisesta, eikä ainoastaan yhteen jakelutapaan lukkiutumisesta.

Toinen pääperiaate koskee yrityksen logistiikkaa hoitavan organisaation järjestämistä siten, että **yksittäisiä osastoja yhdistää yhteinen kaikista logistisista toiminnoista vastaava keskitetty johto**. Tämän ansiosta yrityksen koko logistiikkaa on helpompi hallita ja koordinoita. Yritysten on itse määriteltävä keskittämisen taso, mutta yleensä ylimmälle johdolle kuuluvat globaalin tason päätökset ja operatiivisessa työssä tehdään päivittäiset logistiset päätökset. Kolmannen periaatteen mukaan yrityksen tulisi **panostaa nykyaikaiseen ja toimivaan IT-järjestelmään**, jota oikein hyödyntämällä



voidaan saavuttaa kilpailuetua. Oikea tieto pitää saada välitettyä oikealle henkilölle oikeaan aikaan, jotta voidaan tehdä oikeita päätöksiä oikeiden syiden pohjalta. Vrt. Mangan 2012: 9. (Gattorna 1997: 27–28.) Myös Simchi-Levi ym. (2012: 382–385) ovat ottaneet kantaa tähän asiaan ja ovat määrittäneet kolme tärkeää syytä IT-järjestelmään panostamiseen: ensimmäiseksi asiakkaalle voidaan tarjota parempaa palvelua helpottamalla tiedonsaantia ja yhteydenpitoa, toiseksi yrityksen on helpompi saada tietoa asiakkaistaan ja sen avulla kehittää parempia tuotteita ja kolmanneksi yhteydenpito alihankkijoihin ja partnereihin on tehokkaampaa ja helpompaa.

**Logistiikkaan liittyvän henkilöstön käsittäminen yhdeksi yrityksen tärkeimmistä voimavaroista** on Gattornan mukaan neljäs pääperiaate yrityksen kannattavuuden parantamisessa logistiikkaan liittyvien valintojen kautta. Yrityksen tulisi nähdä oma logistiikkaa hoitava henkilöstönsä arvokkaana resurssina, jota kannattaa tukea esimerkiksi koulutuksen avulla. Lisäksi olisi tärkeää kannustaa omaa henkilöstöä keksimään uusia innovatiivisia tapoja hoitaa yrityksen logistiikkaa. (Gattorna 1997: 31–32.)

Oman henkilöstön lisäksi yrityksen tulisi pyrkiä hyödyntämään myös läheisiä yhteistyökumppaneitaan muodostamalla **strategisia liittoutumia** niiden kanssa. Valmistavan yrityksen kannattaa muodostaa liittoutumia esimerkiksi valittujen alihankkijoiden, kuljetusyritysten ja myös asiakkaidensa kanssa. Liittoutuman avulla ketjun kaikki osapuolet tietävät sekä nykyisen että tulevan tilanteen ja osaavat mukauttaa toimintansa sen mukaiseksi. (Gattorna 1997: 31–32.) Sadler (2007: 169) on myös strategisten liittoumien kannalla, ja esittääkin, että niiden avulla yritykset voivat helposti saavuttaa jopa voimakasta kilpailuetua. Liittouman osapuolet tekevät tiivistä yhteistyötä tuotteen kokonaiskustannusten vähentämiseksi sen sijaan, että kustannuksia vyörytetään eteenpäin ketjun seuraavalle osapuolelle. Myös Euroopan Komissio (1996: 35) on asiasta samaa mieltä ja perustelee kantaa sillä, että lopulta vyörytetyt kustannukset tulevat kuitenkin loppuasiakkaan maksettaviksi, jolloin todellista kilpailuetua ei voi syntyä.

Kuudes pääsääntö, eli **logistiikan taloudellisen tuloksen seuraaminen**, liittyy olennaisesti ensimmäiseen sääntöön, jossa logistiikka nähdään osana yrityksen

strategiaa. Kaikki yritykset pyrkivät tietysti tuottamaan voittoa toiminnallaan ja myös logistiikkaan liittyviä kustannuksia pitäisi pystyä seuraamaan ja arvioimaan. Logistiikasta on perinteisesti huomioitu ainoastaan syntyneet kustannukset, kuten kuljetus-, varastointi- ja henkilöstökustannukset, mutta Gattornan (1997: 33) mukaan yritysten pitäisi sitä vastoin kehittää uusia tapoja logistiikan tuloksen seuraamiseen ja ehdottaakin sovellettavaksi esimerkiksi logistiikan pääoman tuottoastetta. (Return on Logistics Asset, ROA). Myös Simchi-Levi ym. (2012: 381) ja Harrington, Boyson & Corsi (2011: 116) painottavat, että toimitusketjun tulosta pitää seurata ja työkaluksi esitetään esim. SCOR-mallia (Supply Chain Operation Reference), joka ottaa huomioon toimitusketjun luotettavuuden, joustavuuden, kulut ja käyttöasteen. Saatua tulosta verrataan saman toimialan muihin tekijöihin ja toimialan parhaaseen tulokseen, jolloin toimitusketjun edut ja kehitettävät alueet paljastuvat.

Gattornan seitsemännen säännön mukaan yrityksen on ensin määriteltävä, **minkälaisella palvelutasolla se tarjoaa asiakaspalvelu- ja logistiikkatoimintoja asiakkailleen**, jotta sen olisi mahdollista saada niistä paras mahdollinen tuotto. Yrityksen ei esimerkiksi ole järkevää panostaa nopeaan toimitusaikaan, jos siitä ei ole asiakkaalle oleellista hyötyä, eikä asiakas ole siitä valmis myöskään maksamaan. (Gattorna 1997: 34, 40.) Samaa mieltä on myös Simchi-Levi ym. (2012: 368), joka painottaa, että toimitusketjussa pitäisi keskittyä niihin seikkoihin, jotka tuovat asiakkaalle todellista lisäarvoa.

**Yksityiskohtiin ja pieniin asioihin puuttuminen** on Gattornan kahdeksas sääntö. Yritysten tulisi pyrkiä kiinnittämään huomiota pienimpiinkin seikkoihin, jotka helpottavat tai parantavat logistiikkaan liittyviä työtapoja tai toimintoja. Yhdeksännen säännön mukaan yrityksen tulisi **hyödyntää tehokkaasti koko rahtivolyyminsa parempien rahtikustannusten saamiseksi**. Keinona tähän on logistiikan koordinoimista siten, että yrityksen eri osastot voisivat esimerkiksi yhdistää lähetyksiään ja keskittää volyymia valituille rahdinkuljettajille. Viimeisenä sääntönä on **saavutetun logistiikkatoimintojen tason säilyttäminen sekä tulosten aktiivinen seuraaminen** ja niihin ajoissa reagoiminen. Gattorna huomauttaa lopuksi, että logistiikka on kuitenkin vain yksi yrityksen toiminnan osa-alueista ja ilman toimivaa

tuotanto-, myynti- ja markkinointiprosessia yrityksen kannattavuutta ei voida parantaa. Logistiikkaan panostamisella ja sen prosessien hiomisella huippuunsa on kuitenkin positiivinen vaikutus myös muihin yrityksen toimintoihin, koska samoja periaatteita voidaan soveltaa myös niihin. (Gattorna 1997: 35–40, 42.)

## **4. KULJETUKSIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT**

Logistiikkaan ja kuljetuksiin liittyy monenlaisia muuttuvia tekijöitä, joiden takia kuljetuksiin liittyvät päätökset ja ratkaisut eivät aina ole yksiselitteisiä. Vaikuttavia tekijöitä on monia, mutta tärkeimmät ovat yleensä kuljetuskustannukset, kuljetusmuoto, kuljetus- ja huolintaliikkeet, toimitusehto ja kuljetuksiin liittyvät riskit. Näitä tekijöitä tarkastellaan lähemmin seuraavissa kappaleissa.

### **4.1. Kuljetuskustannukset**

Toimitusketjun kokonaiskustannus koostuu monesta eri osa-alueesta, joita ovat esimerkiksi kuljetuskustannukset, fyysiset ja operatiiviset käsittelykustannukset sekä varastointikustannukset. Kuljetuskustannukset ovat niitä kuluja, jotka syntyvät tuotteen kuljettamisesta paikasta toiseen. Kuljetuskustannukset ovat usein merkittävin tekijä kuljetusmuotoa valittaessa ja Gattornan (1997: 315) mukaan niiden osuus tuotteen myyntihinnasta on keskimäärin 5–6 %. Rodrigue (2012: 232) puolestaan esittää hieman korkeamman arvion, joka on 5–10 % tuotteen myyntihinnasta. Tuotteen ominaisuudet, kuten sen arvo, vaikuttavat tietysti kuljetuskustannusten osuuteen myyntihinnasta. Kuljetuskustannusten osuus tuotteen myyntihinnasta vaihtelee huomattavasti myös tuoteryhmittäin; esimerkiksi elintarvikkeissa osuus voi olla yli 30 %, kun taas koneissa ja laitteissa jopa vähemmän kuin 1 %. Kuljetuskustannusten vaihteluun vaikuttavat monet ulkoiset, tuotteesta riippumattomat tekijät, kuten inflaatio ja polttoaineen hinnanvaihtelut. Kuljetuskustannusten osuuteen vaikuttavat myös kuljetuksen tuottavuus, eli suuremmalla volyymilla saavutetaan alempia rahtihintoja. (Van Goor 2003: 114–115.)

ABB Oy Transformersin tapauksessa kuljetuskustannusten osuus muuntajien myyntihinnasta vaihtelee todella paljon, koska muuntajat ovat erikokoisia ja niitä toimitetaan ympäri maailman. Pienemmissä I linjan muuntajissa voidaan yleensä saavuttaa helposti pienet rahtikustannukset yhdistämällä useampia muuntajia samaan kuljetusyksikköön, kuten konttiin tai traileriin. Kuljetukset hoidetaan yleensä

standardikalustolla, jonka takia kuljetushinnat ovat varsin kohtuulliset. Esimerkiksi Keski-Euroopan maantiekuljetuksissa I linjan muuntajien kuljetuskustannusten osuus on n. 1 - 3,5 % muuntajan myyntihinnasta. II linjalla vastaavat kustannukset ovat n. 0,4 – 8 % ja III linjalla n. 2 – 10 %. Merikuljetuksissa II linjan kuljetuskustannukset ovat n. 2 – 9 % ja III linjalla 4 – 11 %. Lukemat ovat suunnilleen samassa linjassa Gattornan ja Rodriguen edellä esitettyjen kuljetuskustannusten osuuksien kanssa. Kuljetuskustannusten osuuteen myyntihinnasta vaikuttaa merkittävästi se, montako muuntajaa kuljetetaan samaan aikaan ja tuleeko esimerkiksi merirahdin lisäksi myös jatkokuljetuksia satamasta asennuspaikalle. Lisäksi muuntajan purku ja asennus nostavat kuljetuskustannuksia jonkin verran. Edellä esitetyt lukemat on laskettu vuoden 2013 toteutuneiden kuljetuskustannusten mukaisesti.

Albaum ja Duerr (2011: 864) esittävät, että tuotteen fyysinen kuljettaminen loppuasiakkaalle pitäisi olla jokaisen viennistä vastaavan päällikön huolenaihe, koska yrityksen konkreettinen jakeluketju voi muodostua jopa kynnyskysymykseksi koko yrityksen toiminnan jatkuvuudelle ja kannattavuudelle. Vientikaupassa loppuasiakkaan tuotteesta maksama hinta voi olla suurelta osin muodostunut tuotteen toimittamisen aiheuttamista kustannuksista, joita ovat muun muassa varastointi-, pakkaus-, käsittely- ja kuljetuskustannukset. Lopulliseen kuljetushintaan vaikuttavat myös esimerkiksi käytetyt palvelut, kuten huolintaliikkeen käyttö ja vaadittava tavaravakuutus. Albaum ym. (2011: 864) myös painottavat, että tuotteen tehokkaalla toimitusprosessilla yritys voi myös nostaa voittojaan joko kuluja karsimalla tai myyntiään lisäämällä. Yritys voi saada esimerkiksi jonkin tietyn tilauksen ainoastaan sillä perusteella, että se myös pystyy kuljettamaan tuotteensa loppuasiakkaalle sovittuna aikana ja kohtuullisella hinnalla.

Rodrigue (2012: 237 – 241) on jaotellut kuljetuskustannukset maantieteen, tuotteen ja ajan mukaan kolmeen eri pääluokkaan. Ensimmäinen luokka, eli **maantiede**, sisältää välimatkan ja saavutettavuuden aiheuttamat kuljetuskustannukset. Välimatka on Rodriguen mukaan ilmeisin kuljetuskustannuksiin vaikuttava tekijä, vaikka sen vaikutus onkin erilainen eri kuljetusmuodoissa. Merikuljetuksen hinta on esimerkiksi huomattavasti halvempi kuljetettuun matkaan nähden, kuin vastaava maantiekuljetus.

Rodrigue myös väittää, että tämän takia sisämaassa sijaitsevat maat, joilla ei ole satamia, joutuvat maksamaan jopa kaksi kertaa kalliimpia kuljetuskustannuksia kuin ne maat, joilla on omia satamia. **Tuotteeseen** liittyviä kuljetuskustannuksia on monenlaisia. Tuote ja sen ominaisuudet määrittävät ensinnäkin, miten se pitää pakata ja miten sitä voidaan käsitellä ja kuljettaa. Mitä herkempi ja erikoisempaa käsittelyä vaativa tuote on, sitä suuremmat ovat yleensä rahtikustannukset. Tuotteen määrällä on myös suuri merkitys kuljetuskustannuksiin; suurelle määrälle tuotteita voidaan yleensä saada halvempi rahdin yksikköhinta. **Aika** on tärkeä tekijä kuljetuskustannuksissa. Kuljetusaika vaihtelee eri kuljetusmuodoissa, ja niillä on omat rajoitteensa, kuten esim. nopeusrajoitukset maantieliikenteessä. Eri kuljetusmuodoissa on myös erilaiset vaatimukset ajalle, joka tarvitaan kuljetuksen ennakkojärjestelyyn. Kuljetuslupia vaativat lavettikuljetukset vaativat jopa kuukausien ennakotyön, kun taas pienen lentolähetysten voi lähettää vaikka samana päivänä. Samoin myös kuljetusten taajuus voi vaihdella paljonkin; joitakin laivareittejä operoidaan ainoastaan kahden viikon välein, kun taas trailereita lähtee joka päivä. (Rodrigue 2012: 237–241.)

Edellisissä kappaleissa eriteltyjen fyysisten toimituskustannusten lisäksi yritysten pitää ottaa huomioon myös erilaiset piilokustannukset, joilla voi olla merkittäviäkin vaikutuksia yrityksen liikevoittoon. Piilokustannuksiin kuuluvat esimerkiksi myynnin menetykset, asiakkaan tyytymättömyys, kuljetusajan sitoma pääoma ja tullauksista johtuvat viivästykset toimituksessa. (Albaum ym. 2011: 871). Piilokustannuksia on joskus vaikea mitata rahallisesti tai määritellä enakkoon, mutta ne pitäisi kuitenkin ottaa huomioon jo aikaisessa vaiheessa. ABB Oy Transformersin tapauksessa eräs merkittävä piilokustannusten muoto on esimerkiksi myöhästymissakot, joita joudutaan maksamaan asiakkaalle, jos tuotetta ei ole toimitettu kaupalla sovittuun ajankohtaan mennessä.

#### 4.2. Kuljetusmuodot

Kuljetusmuoto vaikuttaa suurelta osin kuljetuksen onnistumiseen ja siitä aiheutuviin kustannuksiin. Kuljetusmuodon valintaan vaikuttavat kansalliset ja kansainväliset

operationaaliset tekijät. Kansallisiin tekijöihin kuuluvat muun muassa byrokratia, infrastruktuuri, teknologian kehittyneisyys ja paikalliset työvoimakustannukset. Kansainvälisiin tekijöihin kuuluvat kulttuurit ja paikalliset tavat, eri maiden taloudellinen tilanne, valuuttojen arvot, verotus ja tullit. Etenkin vientiyrityksen tulee huomioda nämä kaikki seikat kuljetusmuotoa valitessa, koska ne vaikuttavat kuljetuksen suorittamiseen onnistuneesti ja lisäksi kuljetusprosessin tuottamiin kuluihin. (Gattorna 1997: 317.)

Kuljetusmuodon valitseminen valmiin tuotteen kuljettamiselle tehtaalta loppuasiakkaalle riippuu monen erilaisen tekijän summasta. Yleisimpiä vaikuttavia tekijöitä ovat tuotteen fyysinen koko ja sen kaupallinen arvo, välimatka tehtaalta loppuasiakkaalle, erilaisten kuljetuspalveluiden saatavuus ja tietenkin rahtikustannukset. (Mangan ym. 2012: 126). Asiakaskohtaisia vaikuttavia tekijöitä ovat sijainnin lisäksi lähetyksen kiireellisyys tai sovittu toimituspäivä, tilauksen koko sekä asiakkaan kyky ja osaaminen käsitellä tuotetta. Lähettäjistä riippuvaisia tekijöitä kuljetusmuodon valintaan ovat mm. asiakkaalle luvattu palvelun taso ja kilpailutilanne markkinoilla. Lisäksi lähettäjän pitäisi etukäteen määritellä millaiset toimitukset hoidetaan ns. paniikkiratkaisulla, jotta vältetään turhilta rahtikustannuksilta. (Gattorna 1997: 325–327.)

Ennen kuljetustavan lopullista valintaa yrityksessä pitäisi pohtia parhaan kuljetusmuodon valinnan merkitystä toimitusketjuun, määritellä rajoittavat tekijät sekä tehdä valinta ja vielä sen lisäksi saada varmistus siitä, että valittu kuljetusmuoto on optimaalisin. Yritykset joutuvat kuitenkin toimimaan jatkuvasti muuttuvassa ympäristössä, joten myös kuljetusmuotoa voidaan joutua muuttamaan tuotteen tai toimintaympäristön muuttuessa. (Gattorna 1997: 314–315.) Samalla tuotteella voi myös olla useampi yhtä hyvä kuljetusmuoto, jotka yrityksen tulisi selvittää ennalta, jotta se voisi reagoida nopeasti esimerkiksi laivareitin tai kaluston vaihtumiseen.

Kuljetusmuodot on perinteisesti jaettu viiteen eri ryhmään, joita ovat lento-, maantie-, vesitie-, rautatie ja putkistokuljetukset. Kuudenneksi muodoksi on esitetty ”tiedon valtatie”, joka viittaa nopeasti kehittyneeseen ja tärkeään asemaan tulleeeseen moderniin tiedonkulkuun. (Mangan ym. 2012: 124.) Taulukossa 1. on esitetty viisi

kuljetusmuotoa ja ne on jaettu parhaasta huonoimpaan vaihtoehtoon seitsemän eri kriteerin mukaisesti. (Van Goor ym. 2003: 131). Taulukko ei aina ole yksiselitteinen totuus mikä kuljetusmuoto olisi paras missäkin tilanteessa, koska kuljetustapahtumat ovat erilaisia ja päätöksiä tehdään kulloinkin saatavissa olevan tiedon perusteella. Lisäksi kaikki kuljetusmuodot eivät sovellu kaikille tuotteille, josta kärjistettynä esimerkkinä putkistokuljetus, joka soveltuu ainoastaan erittäin rajalliselle määrälle tuotteita.

**Taulukko 1.** Kuljetusmuodot.

	Maantie	Rautatie	Vesitie	Lento	Putkisto
Nopeus	2	3	4	1	5
Saavutettavuus	1	2	4	3	5
Luotettavuus	2	3	4	5	1
Monipuolisuus	3	2	1	4	5
Yhteyksien tiheys	2	4	5	3	1
Vahingoittumisriski	4	5	2	3	1
Kulut	4	3	1	5	2

(1= paras vaihtoehto, 5= huonoin vaihtoehto)

Kuljetusmuodoilla on omat erityispiirteensä ja vaatimuksensa rahdin osalta ja eri kuljetusmuodoilla on myös erilaiset kulurakenteet ja niitä käydäänkin tarkemmin läpi seuraavissa kappaleissa. ABB:n Vaasan tehtaan muuntajien kuljetusten kannalta tärkeimmät kuljetusmuodot ovat maantiekuljetukset, merikuljetukset ja rautatiekuljetukset, joten niitä tarkastellaan hieman muita kuljetusmuotoja syvällisemmin.

#### 4.2.1. Maantiekuljetukset

Maantiekuljetus on kuljetusmuotona nopea ja sen saatavuus ja luotettavuus on yleensä hyvä. Maantiekuljetuksissa kiinteät kustannukset ovat suhteellisen matalia etenkin sen vuoksi, että vaadittava infrastruktuuri, kuten maantiet, on rakennettu julkisen sektorin rahoituksella. Muuttuvia kustannuksia ovat polttoaineen hinta, kaluston



ylläpitokustannukset ja joissain maissa myös tiemaksut. Maantiekuljetuksen erityispiirteenä on se, että yleensä ainoastaan maantiekuljetuksella voidaan kuljettaa tavaraa suoraan lähettäjän tehtaalta vastaanottajan ovelle ilman välikäsiä. (Mangan ym. 2012: 126.) Maantiekuljetuksia hoitavat yleensä yksityiset toimijat ja kilpailu on alalla todella kovaa, joten rahtihintojen taso pysyy vientiyritysten kannalta kohtuullisena. (Sadler 2007: 83).

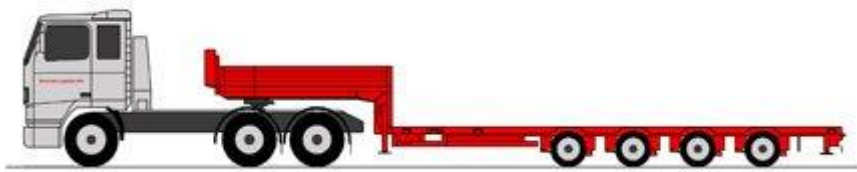
Maantiekuljetuksissa rahti liikkuu pääosin standardimittaisilla trailereilla. Normaalin trailerin sisämitat ovat 13,62 x 2,48 x 2,68 cm ja megatrailerin sisämitat 13,62 x 2,48 x 2,98cm. Kantavuus on molemmissa n. 27 000kg. Trailereiden mitoissa voi kuitenkin olla pieniä yksilöllisiä eroja. (Beweship Shipper's Guide). Kaikilla maantiekuljetuksia suorittavilla yrityksillä on aina ollut sama päämäärä: kaikkien trailereiden pitäisi ajaa täydellä kuormalla jokainen kilometri, jolloin saavutettaisiin suurin rahallinen hyöty ja pienimmät ympäristövaikutukset. (Waters 2007: 273.) Käytännössä tähän päämäärään on melkein mahdotonta päästä täydellisesti, koska rahti liikkuu yleensä vaan yhteen suuntaan ja trailereiden pitää yleensä palata ainakin osittain tyhjinä takaisin terminaaliin. Esimerkiksi Suomesta on paljon vientikuljetuksia Saksaan, mutta vain vähän tuontia, jolloin trailerit palautuvat Suomeen tyhjinä ja palautuskustannukset pitää saada kompensoitua vientihinnoissa. Watersin (2007: 275) mukaan jopa kolmannes trailereilla ajetuista kilometreistä ajetaan tyhjänä.

Helpottaakseen trailerikuljetusten optimointia monet kuljetusliikkeet ovat ottaneet käyttöön kappaletavarakuljetukset (Less Than Trailer Load, LTL), jolloin monen eri yrityksen rahdit yhdistetään samaan traileriin ja rahdin hinta määräytyy käytetyn kapasiteetin mukaisesti. LTL-kuljetusten hinnoittelun perusteena käytetään rahdituspainoa, joka lasketaan joko tuotteen painon tai sen viemän tilan perusteella. Täysi trailerikuorma (Full Trailer Load, FTL) kulkee yleensä suoraan lastauspaikalta määränpäähän, kun taas kappaletavarakuljetus kulkee useamman terminaalin kautta, jolloin myös kuljetusaika on hieman pidempi. (Rodrigue 2013: 91.) ABB Oy Transformers käyttää muuntajiensa kuljetuksissa yleensä täysiä autoja, vaikka LTL-kuljetuksena rahtihinnat olisivat usein huomattavasti pienemmät. Kappaletavarakuljetuksien pidempien toimitusaikojen lisäksi ongelmana ovat useat

välilastaukset, joissa on aina kohonnut riski muuntajan vaurioitumiseen. Pienemmät muuntajat, joiden toimituksella ei ole kiirettä, voidaan kuitenkin lähettää myös LTL-kuljetuksena.

Trailerikuljetusten tuottavuuden parantaminen, eli koko kapasiteetin hyödyntäminen on ollut tärkeä päämäärä monelle kuljetusyritykselle ja heidän asiakkailleen. Traileriin voidaan lastata tietty paino- ja kuutiomäärä, mutta yleensä toinen rajoite täyttyy vaikka toisen puolesta tilaa vielä olisi. Jos trailer lastattaisiin esimerkiksi täyteen höyheniä, kuutioehto on täyttynyt, mutta painoraja ei olisi vielä lähelläkään. Jos trailer olisi esimerkiksi lastattu täyteen kuormalavoja, joiden korkeus on ainoastaan metrin, traileriin jää paljon tyhjää tilaa niiden yläpuolelle. Jotkin yritykset ovat yrittäneet ratkaista tämän ongelman lisäämällä traileriin toisen kannen, mutta tämä käytäntö on vielä melko harvinainen. Toinen vaihtoehto on optimoida kuljetettava tuote siten, että se veisi mahdollisimman vähän tilaa trailerista. On esitetty, että jos esimerkiksi säilyketölkit olisivat pyöreän sijasta nelikulmaisia, niiden vaatima tila trailereista ja varastoista vähenisi jopa 20 %. (Waters 2007: 277, 281–282, 284.)

Trailerit ovat yleisimpiä maantiekuljetuksissa käytettyjä ajoneuvoja, mutta niiden sisämitat ja kantavuus, eli suurin sallittu kuormauspaino tulevat etenkin muuntajien kuljetuksissa usein rajoittaviksi tekijöiksi. Jos muuntaja ei mahdu traileriin, se pitää kuljettaa lavetilla, jossa on useampi akseli jakamassa kuorman painoa. Laveteissa ei myöskään ole sivuseiniä tai kattoa, joten ne eivät rajoita lastattavan tuotteen ulkomittoja. Lavetteja on olemassa eri tarkoituksiin erilaisia, mutta muuntajakuljetuksissa käytetään yleensä kolmea erilaista lavettityyppiä, joista valitaan kullekin kuljetukselle sopiva muuntajan koon ja painon mukaan. Nämä lavettityypit ovat pokattu lavetti, kehtolavetti ja moduulilavetti (Kuva 3.). Pääsääntöisesti mitä enemmän lavetissa on akseleita, sitä painavampaa muuntajaa sillä voidaan kuljettaa ja mitä alempana lavetin lastauskorkeus on, sitä korkeampaa muuntajaa voidaan kuljettaa. Alin mahdollinen lastauskorkeus saavutetaan palkistokehdolla, jolloin muuntaja sijaitsee kahden palkin välissä olevien kielekkeiden päällä.



Pokattu perävaunu



Kehtolavetti



Moduulilavetti

### Kuva 3. Lavettityypit

Lavettikuljetukset luokitellaan usein erikoiskuljetuksiksi, eli kuljetus ylittää ainakin yhden tiellä yleisesti sallitun mitan tai massan. (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista 786/2012). Käytännössä erikoiskuljetus voidaan myös määritellä siten, että kuljetettava tuote ei mittojen tai painon puolesta mahdu standardimittaiseen kuljetuskalustoon, eli traileriin. Erikoiskuljetuksissa on erityisesti huomioitava, että ainoastaan jakamaton kuorma, eli esimerkiksi yksi muuntaja, saa ylittää yleisesti sallitun mitta- tai painorajan. Kahta muuntajaa ei siis saa lastata samaan lavettiin, vaikka ne mittojen tai lavetin kantavuuden puolesta mahtuisivatkin siihen. Lavetille saa kuitenkin joissakin tapauksissa lastata

pienempiä jakamattoman esineen käyttöön liittyviä tavaroita, kuten muuntajan tarvikkeita. Ehtona on, että tarvikkeet eivät aiheuta ylimittaa tai ylipainoa. Lisäksi tarvikkeiden painolle on maittain erilaisia ehtoja. Esimerkiksi Suomessa tarvikkeita saa olla enintään 20 % kuljetusluvan kokonaispainosta, kun taas Saksassa vastaava määrä on 10 % ja joissain maissa 0 %. (Nurminen Logistics koulutusmateriaali 2013). Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus julkaisee Suomessa kulloinkin voimassa olevat Erikoiskuljetusluvan lupaehdot, joiden mukaan jokaisen erikoiskuljetuksen luvat myönnetään. Ehdoissa on tarkasti määritelty esimerkiksi vastuukysymykset, kuormausohjeet, aikarajoitukset ja ajonopeudet. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 1/2013).

Maantiekuljetuksia säätelevät monet kansalliset ja kansainväliset lait ja sopimukset. Tiekuljetussopimuslaki (23.3.1979/345) säätelee pääasiassa Suomessa tai Suomen ja toisen valtion välillä tapahtuvaa tavarankuljetusta, joka tehdään moottoriajoneuvolla ja josta kuljettajalle tai kuljetusliikkeelle maksetaan vastiketta. Tiekuljetussopimuslaki on pakottava, eli siitä ei voida poiketa kuin korkeintaan kotimaassa erityisten olosuhteiden pakosta. Hautauskuljetukset, postikuljetukset ja rautatiekuljetukset on rajattu lain ulkopuolelle.

Kansainvälisiä kuljetuksia sääntelee tavarankansainvälisten rahtikuljetusten yleissopimus, eli CMR-sopimus (50/1973). CMR-sopimusta noudatetaan samalla periaatteella kuin kansallista Tiekuljetussopimuslakia, kun tavarankuljetuksen noutopaikka ja toimituspaikka sijaitsevat eri valtioissa ja vähintään toinen niistä kuuluu sopimusvaltioon. Tiekuljetussopimuslaki ja CMR-sopimus sisältävät samankaltaisia ehtoja rahdin kuljettamisesta sekä lähettäjän, rahdinkuljettajan ja vastaanottajan oikeuksista ja velvoitteista. Edellä mainittujen lakien lisäksi Suomen Huolintaliikkeiden Liitto on laatinut omat lakeja täydentävät vakioehdot Kansainvälisen maantieliikenteen yleiset kuljetusehdot (1.1.2010). Nämä ehdot sisältävät lakia yksityiskohtaisempia ehtoja esimerkiksi kuljetustoimeksiannon suorittamisesta, kuljetustilauksesta ja kuljetettavan tavarankuljetuksesta ja purusta. (Suomen Huolintaliikkeiden Liitto 2013.)

Tiekuljetussopimuslain ja CMR-sopimuksen mukaisesti kuljetussopimus on vahvistettava rahtikirjalla. Kotimaassa tästä säännöstä voidaan poiketa joissain tapauksissa. CMR on muodostunut synonyymiksi kansainväliselle rahtikirjalle ja Suomen sisäisissä kuljetuksissa käytetään termejä ”kotimaan rahtikirja” tai ”noutorahtikirja”. Rahtikirjaan merkitään lähettäjän, vastaanottajan ja rahdinkuljettajan tiedot, sekä tavarán tarvittavat tiedot. Lisäksi kansainvälisessä liikenteessä käytetyssä rahtikirjassa mainitaan esimerkiksi tulli- ja muita muodollisuuksia koskevat tiedot. Kansainvälisessä kuljetuksessa rahtikirjasta tehdään vähintään kolme kopiota (lähettäjän, rahdinkuljettajan, ja vastaanottajan kappaleet) ja kotimaassa niin monta kuin lähettäjä tai rahdinkuljettaja vaatii. Lähettäjä on vastuussa rahtikirjan tietojen oikeellisuudesta. Kuljettaja kuittaa rahtikirjaan tavarán vastaanottamisen kuljetettavaksi omalla allekirjoituksellaan ja samoin vastaanottaja kuittaa rahtikirjan kun on ottanut tavarán vastaan. Molemmissa tapauksissa rahtikirjaan kirjataan varauma jos tavarassa havaitaan puutteita tai vikoja. (Tiekuljetussopimuslaki 23.3.1979/345; CMR-sopimus 50/1973.)

#### **4.2.2. Merikuljetukset**

Merikuljetus on kuljetusmuodoista globaalisti eniten käytetty ja se on tehokkain tapa kuljettaa suuria rahtimääriä pitkillä matkoilla. Jopa kaksi kolmasosaa koko maailman rahdista kuljetetaankin meritse. Merirahti voi usein olla myös maantieteellisten rajoitteiden takia ainoa mahdollinen vaihtoehto etenkin suuremman rahdin kuljettamiselle. Merirahtia kuljetetaan valtamerten lisäksi myös pienemmillä merialueilla, rannikoilla, jokia pitkin ja kanavien kautta. (Rodrigue 2013: 96; Gilbert & Perl: 2010: 97; Albaum ym. 2011: 876.) Merirahdilla on pääsääntöisesti todella hyvä energian hyötysuhde kuljetettavan rahdin määrään nähden, joten se ei ole kovin herkkä polttoaineen hinnan vaihteluille. Varustamot voivat kuitenkin reagoida kohonneisiin polttoainekustannuksiin hidastamalla alusten kulkuvauhtia, jättämällä satamia pois reitiltä tai siirtämällä hinnan vaihtelut suoraan rahtihintoihin. (Rodrigue 2012: 269.)

Merikuljetukset hoidetaan aluksilla, jotka voidaan jakaa neljään erilaiseen päätyyppiin, joita ovat matkustaja-alukset, rahtilaivat, RO-RO-alukset (roll-on-roll-off) ja Bulk-

alukset. (Rodrigue 2013: 99). Matkustaja-alukset kuljettavat nimensä mukaisesti pääasiassa matkustajia, mutta ainakin Suomesta lähtevissä suuremmissa matkustajalaivoissa kuljetusyrietykset voivat laivata myös trailereitaan. Kuljetusyrietykset saavuttavat huomattavia säästöjä laivaamalla ainoastaan trailerin ilman vetoautoa ja sopimalla trailerin jatkokuljetuksen määräsatamasta omalla tai jonkin yhteistyökumppaninsa paikallisella vetoautolla.

Rahtilaivat ovat nykyään useimmiten konttilaivoja ja ne ovat tehokkaita rahdin kuljettamisessa, koska ne voidaan lastata ja purkaa suhteellisen nopeasti ja rahtihinnat ovat alhaiset korkean käyttöasteen ansiosta. Rahtilaivat seilaavat yleensä linjaliikenteessä, eli niillä on ennalta sovittu aikataulu tiettyjen satamien välillä. (Rodrigue 2013: 99.) Konttilaivoissa laivataan pääasiassa standardimittaisia 20 tai 40 jalan mittaisia standardikontteja (Dry Container, DC) tai hieman korkeampia High Cube (HC) kontteja. Konttilaivauksissa käytetään yleisesti perusmittayksiköstä termiä TEU (Twenty-foot Equivalent Unit), eli esimerkiksi 20 DC kontissa on 1 TEU ja 40 DC kontissa 2 TEU:ta. Standardikonteissa voidaan laivata mitä tahansa lastia, joka mahtuu kontin sisään, eikä vaadi mitään erityistä lastauksessa tai purussa. Konttilaivoissa voidaan tavallisten umpikonttien lisäksi laivata myös erikoiskalustoa, kuten katosta aukeavia kontteja (Open Top, OT) ja pelkkiä konttialustoja, joissa voi olla myös päätyseinät (Flat Rack, FR). Erikoiskalustoa vaativia tuotteita ovat kontteihin liian suuret tai painavat tuotteet sekä sivusta tai katon kautta lastattavat tuotteet. Edullisten rahtihintojen takia ABB:n muuntajien kuljettaminen meritse olisi järkevintä tehdä konttilaivoilla, mutta kaluston mitta- tai painorajat tulevat usein rajoittaviksi tekijöiksi, jolloin pitää valita jonkin muu laivausmuoto. (Rodrigue 2013: 113–114.)

RO-RO-aluksilla kuljetetaan esimerkiksi autoja, rekkoja ja junia, jotka voidaan työntää niiden omilla pyörillä laivan rampista sisään lastaussatamassa ja taas ulos määräsatamassa. Tavara voidaan myös lastata erityiselle lauttavaunulle, eli Mafille, joka työnnetään laivaan rampin kautta. Suurimmat RO-RO-alukset kuljettavat yleensä valmiita autoja tehtaalta jälleenmyyjille. RO-RO-aluksia on sekä linjaliikenteessä, että hakurahtiliikenteessä. (Rodrigue 2013: 99.) Neljäs alustyyppi, eli Bulk-alukset ovat erikoistuneet kuljettamaan yleensä joko nestemäistä tai kuivaa rahtia. Bulk-aluksen

rahdille on ominaista, että sitä ei ole yleensä pakattu tai lastattu minkäänlaisiin kuljetusyksiköihin. Esimerkiksi öljyä, viljaa, lannoitteita ja erilaisia malmeja kuljetetaan usein bulk-aluksilla. (Rodrigue 2013: 99; Sadler 2007: 84.)

Merikuljetuksia säätelee Merilaki (15.7.1994/674) ja merirahtia käsitellään lain 4. osassa 13. ja 14. luvuissa. Merilakia sovelletaan Suomen sisäisiin kappaletavaran kuljetuksiin, sekä Suomen, Norjan, Ruotsin ja Tanskan välisissä kuljetuksissa. Merilaissa on säädetty muun muassa rahdinkuljettajan ja lastinantajan oikeuksista, velvoitteista ja korvausvastuista.

Konossementti (englanniksi Bill of Lading, B/L) ja Merirahtikirja (Sea Waybill, SWB) ovat merikuljetuksissa käytettäviä rahtikirjoja. Konossementti on Merilain 42§:ssä määritelty asiakirjaksi, joka on todiste merikuljetusta koskevasta sopimuksesta ja tavarahan vastaanottamisesta tai lastauksesta. Lisäksi konossementti on rahdinkuljettajan sitoumus luovuttaa tavara ainoastaan asiakirjan palauttamista vastaan. Konossementista laaditaan yleensä kolme alkuperäistä kappaletta, jotka kaikki pitää palauttaa varustamolle tavaraa vastaan. Laivaajan pitää ilmoittaa konossementtia varten laivaajan, vastaanottajan ja muiden tavanomaisten tietojen lisäksi myös tavarahan laatu, kuten kollimäärä ja mitat. Ylimittaisissa laivauksissa konossementilla pitää lisäksi ilmoittaa, jos tavara on mitoiltaan suurempi kuin kuljetusyksikkö. Varustamon on tehtävä konossementtiin varauma, jos kuljetettavassa tavarassa havaitaan vaurioita tai muita vikoja vastaanotettaessa. Jos varaumaa ei ole tehty ja tavara saapuu määräsatamaan vaurioituneena, varustamo on yleensä korvausvelvollinen vahingoista. Merirahtikirjaan sovelletaan muutoin samanlaisia säädöksiä kuin konossementtiin, mutta rahdinkuljettaja on sitoutunut luovuttamaan tavarahan mainitulle vastaanottajalle tai jollekin muulle lastinantajan osoittamalle taholle ilman alkuperäisiä versioita merirahtikirjasta. (Merilaki 15.7.1994/674.)

#### **4.2.3. Rautatiekuljetukset**

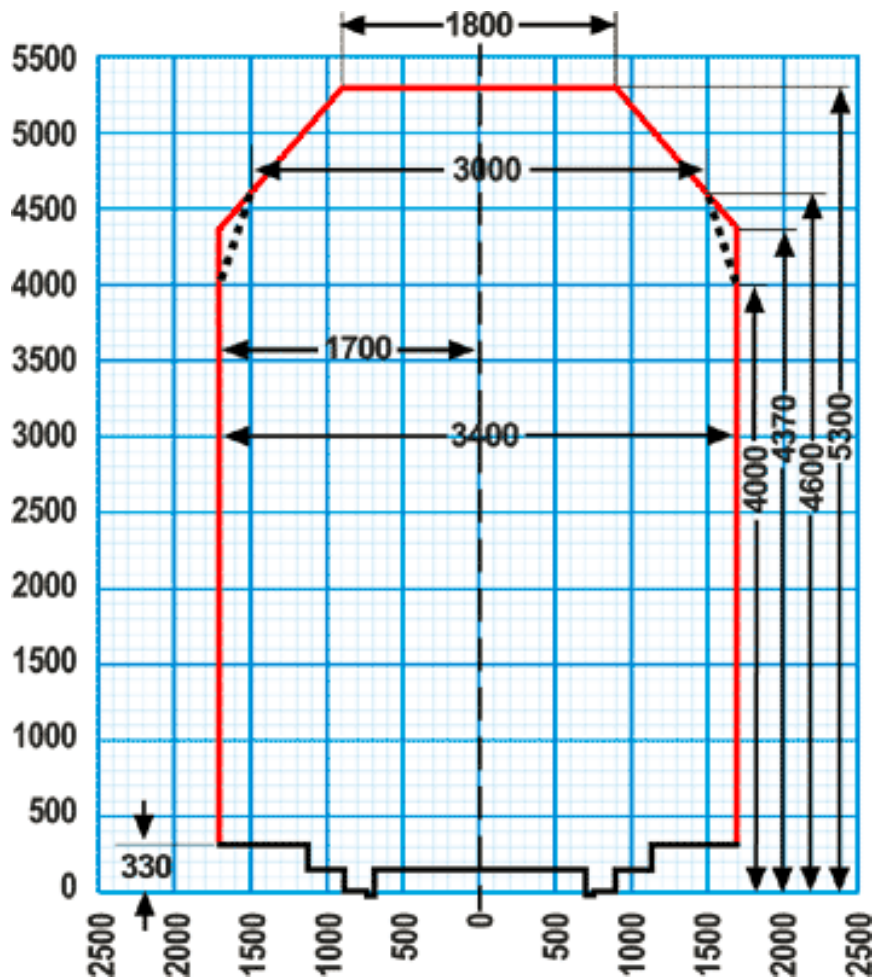
Rautatiekuljetus soveltuu erityisen hyvin suurille tuotteille, kuten muuntajille, joita pitää kuljettaa pitkiä matkoja. Rautatiekuljetus on yleensä maantiekuljetusta halvempi

kuljetusmuoto, kun rahtia kuljetetaan pitkiä matkoja asemalta toiselle. Rodrigue (2012: 269) kertoo, että rautatiekuljetus voi olla jopa kolme kertaa tehokkaampaa energiankulutuksen kannalta kuin maantiekuljetus. Sadler (2007: 84) puolestaan muistuttaa, että rautatiekuljetuksen hinnassa pitää kuitenkin aina huomioida myös se, että lähettäjän tehtaalta tuote pitää ensin kuljettaa maanteitse asemalle, jossa tuote nostetaan ja sidotaan vaunuun ja vastaanottopäässä myös jatkokuljetus määräpaikkaan pitää yleensä hoitaa maanteitse. Etu- ja jatkokuljetukset sekä nostot, käsittelyt ja sidonta voivat joskus nostaa rautatiekuljetuksen hintatason jopa maantiekuljetusta kalliimmaksi vaihtoehdoksi. (Sadler 2007: 84). Rodrigue (2012: 93) huomauttaa lisäksi, että suurin osa rautateillä operoivista yrityksistä on alueellaan monopoliasemassa ja se luo rautatiekuljetuksiin oman erityispiirteensä.

Rautatiekuljetusten kalusto koostuu erilaisista vaunuista, joille on annettu omat kirjaimista koostuvat nimikkeensä. Tavallisimpia vaunuja ovat katetut vaunut (VGK), joissa voidaan kuljettaa mitä tahansa pakattua tavaraa. Lisäksi käytössä on avovaunuja (VO), korkealaitaisia avovaunuja (VOK), konttivaunuja (VOF/VOFA), vakiolämpövaunuja (VGKK), autovaunuja (VGKAK) ja säiliövaunuja (VGBOB). Myös erikoiskuljetuksia varten on oma vaunutyypinsä, joita ovat suurkuormavaunut (VOSK). Suurkuormavaunuja ovat esim. syväkuormausvaunut, jotka soveltuvat hyvin muuntajien kuljetuksiin. Syväkuormavaunuissa vaunun kehto, johon kuljetettava tavara lastataan, on alempana kuin muissa vaunutyypeissä, ja se mahdollistaa korkeampien tavaroiden kuljettamisen. Suurkuormavaunuja on erilaisia eri akselimäärillä, jolloin vaunujen kantavuus myös vaihtelee. Suurin mahdollinen kantavuus on 120 tonnia. (VR Transpoint 2010.)

Rautatiekuljetuksissa kuormaulottuma (Kuva 4.) kertoo, mitkä ovat kuljetuksen ”normaalit mitat”. *Kuormaulottumalla tarkoitetaan sitä tilaa, jonka sisällä avovaunussa olevan kuorman on pysyttävä vaunun ollessa keskiasennossa suoralla tasaisella raiteella.* (VR Transpoint 2013). Kuormaulottuma noudattaa rautateiden tunneleiden profiilia, eli ulottuma on korkeampia mutta kapeampi keskellä vaunua. Kuormaulottumaan viitataan ns. ”tunneliprofiilina”.



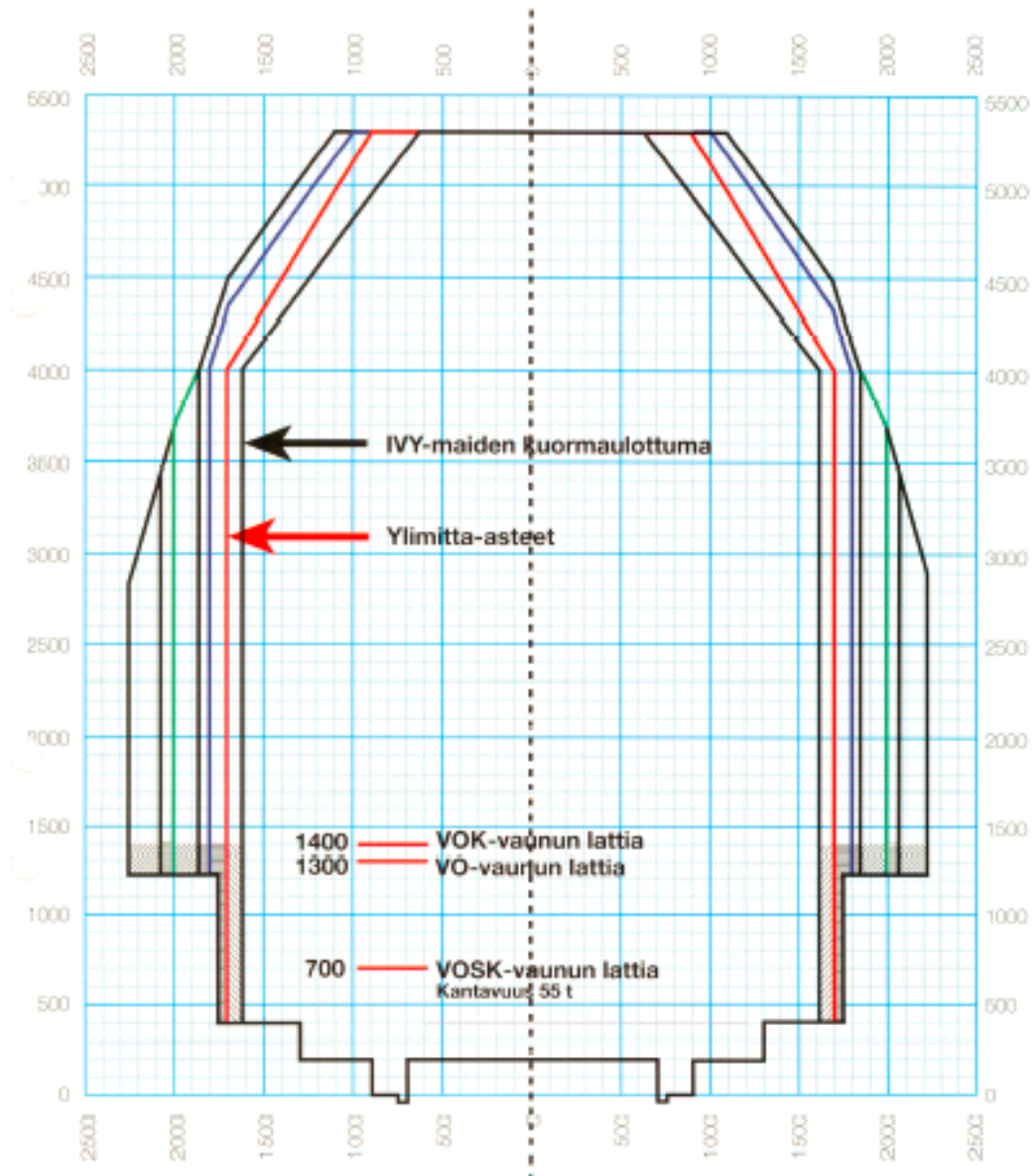


**Kuva 4.** Kuormaulottuma (VR-Transpoint 2013).

Rautateillä voidaan kuljettaa myös erikoiskuljetuksia, jotka ylittävät kuormaulottuman vaakasuoralla raiteella, pituus ylittää puskinpalkin yli 40 cm:llä tai kollipaino ylittää tavaralajikohtaisen enimmäispainon. Muuntajien tapauksessa erikoiskuljetuksen luonteen aiheuttaa yleensä kuormaulottuman ylittyminen, jolloin ylimitta-aste (Kuva 5.) vaikuttaa kuljetuksen hintaan. Rautateillä erikoiskuljetuksia eniten rajoittava tekijä on tunnelien koko, koska vaunujen on mahdollista kulkemaan niistä kaikissa olosuhteissa. (VR Transpoint 2013).

## IVY-maiden kuormaulottuma- ja ylimita-asteet

Mitat millimetreinä kiskonharjasta



**Kuva 5.** Ivy-maiden kuormaulottuma- ja ylimita-asteet. (VR-Transpoint 2013)

Suomessa rautatiekuljetuksia säätelee Rautatiekuljetuslaki (15.12.2000/1119). Lain 2. luku käsittelee tavarankuljetusta ja siinä käsitellään esimerkiksi vastuuta kuljetettavasta tavarasta ja korvausasioita. Kuten muissakin kuljetusmuodoissa, myös

rautatiekuljetuksissa kuljetussopimus vahvistetaan rahtikirjalla, jonka rautatieyritys hyväksyy. Rautatiekuljetuslakia sovelletaan ainoastaan silloin, kun Suomea velvoittavasta kansainvälisestä sopimuksesta ei muuta johdu.

#### **4.2.4. Muut kuljetusmuodot**

Pienet ja arvokkaat tai erityisen kiireiset lähetykset hoidetaan yleensä lentorahtina joko matkustajakoneiden ruumassa tai erityisissä rahtikoneissa. Lentorahdin etuna on sen nopeus, mutta rahdin hinta on yleensä huomattavasti kalliimpi muihin kuljetusmuotoihin verrattuna. Albaum ym. (2011: 903) kuitenkin esittävät, että kun lähetysten kokonaiskulut, kuten pakkaaminen, eturahti lentokentälle ja pääoman sitoutuminen, otetaan huomioon, lentorahti ei välttämättä olekaan niin kallista kuin mitä sen maineesta voisi päätellä. ABB Oy, Transformers käyttää lentorahtia pääasiassa pienempiin varaosa- ja takuulähetyksiin, mutta ajoittain myös muuntajia on kuljetettu lentorahtina esimerkiksi tiukkojen aikataulujen takia. Muuntajien kuljettaminen lentorahtina on käytännössä kuitenkin harvinaista, joten tämä kuljetusmuoto on päätetty rajata tutkimuksen ulkopuolelle.

Putkistokuljetus on pitkälle erikoistunut kuljetusmuoto, jonka pääasiallinen tehtävä on kuljettaa esimerkiksi öljyä tai kaasua putkiston kautta pitkiäkin matkoja. Maailman pisin kaasuputki on Kanadassa Albertan ja Sarnian välillä ja sen pituus on 2911 km ja pisin öljyputki kulkee 9344 km Siperian halki. Putkistokuljetus vaatii todella suuren alkupääoman, mutta sen muuttuvat kustannukset ovat pieniä ja luotettavuus hyvä. (Rodrigue 2013: 95; Sadler 2007: 85.) Putkistokuljetus sopii todella rajalliselle joukolle tuotteita, eikä sitä voida missään muodossa hyödyntää muuntajien kuljetuksissa, joten se on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle.

#### **4.2.5. Yhdistetyt kuljetukset**

Usein ainoastaan yhden kuljetusmuodon käyttäminen ei ole mahdollista varsinkaan kansainvälisissä kuljetuksissa. Kuljetusmuotoja yhdistämällä voidaan saada aikaan kustannustehokas ja nopea kuljetusreitti. Kuljetusmuotojen yhdistämiseen voi vaikuttaa

rahtihinnan ja kuljetusajan lisäksi myös parempi palvelutaso, kuljettajien ajoaikojen rajoittaminen, viikonloppujen ajokiellot ja verotukselliset seikat. (Van Goor ym. 2003: 131.) Albaum ym. (2011: 880) kertovat esimerkin, jossa Kalifornialaisia rypäleitä kuljetetaan ensin rekoilla tai junalla USA:n halki itärannikolle ja laivataan sieltä valtamerialuksella Eurooppaan. Yhdistetyllä kuljetusmuodolla säästetään viikkoja kuljetusajassa verrattuna suoraan laivaukseen USA:n länsirannikolta Euroopan satamaan. Kuljetusmuotojen yhdistämistä on helpottanut myös kuljetuskaluston kehittyminen, joka on mahdollistanut esimerkiksi merikonttien lastaamisen laivasta suoraan erityiseen traileriin rekalla vedettäväksi tai junan vaunuun lastattavaksi. (Gilbert ym. 2010: 101).

Yhdistetty kuljetus on usein pikemminkin sääntö kuin poikkeus, koska kuljetuksia hoidetaan melkeinpä aina useammalla kuin yhdellä kuljetusmuodolla. ABB:n muuntajien osalta yhdistettyä kuljetusta käytetään esimerkiksi silloin, kun muuntaja noudetaan tehtaalta lavetilla, kuljetetaan kotimaiseen satamaan, josta se laivataan määräsatamaan ja usein vielä jatkokuljetus hoidetaan toisella lavetilla määräpaikkaan. Pelkkää trailer- tai lavettikuljetusta käytetään kotimaan kuljetuksissa, Venäjän lähialueilla ja Pohjois-Ruotsin ja Pohjois-Norjan kuljetuksissa. Lavetti- ja trailerikuljetukset menevät usein laivalla Ruotsiin tai muuhun Euroopan satamaan, josta ne jatkavat maanteitse määräpaikkaan.

#### **4.3. Kuljetus- ja huolintaliikkeet**

Tuotteita valmistavilla yrityksillä on perinteisesti ollut omaa kuljetuskalustoa, jolla valmiit tuotteet on kuljetettu asiakkaille. Markkinoiden kansainvälistyminen ja kiristynvä kilpailu ovat kuitenkin johtaneet tilanteeseen, jossa suurin osa yrityksistä käyttää kolmatta osapuolta kuljetusten hoitamisessa. Valmistava yritys pystyy tätä kautta keskittymään ydinliiketoimintaansa, kun taas kolmansien osapuolten tietämys ja kokemus tuottavat parempia kuljetuspalveluita. (Sadler 2007: 43.) Kuljetusten kolmansia osapuolia ovat yleensä kuljetus- ja huolintaliikkeet. Kuljetusliikkeet käyttävät nimensä mukaisesti omaa kuljetuskalustoa asiakkaidensa tuotteiden

kuljettamisessa, kun taas huolintaliikkeet usein toimivat rahtien välittäjinä, eivätkä aina omista kuljetuskalustoa. (Sadler 2007: 86).

Van Goor ym. (2003: 133) nimittävät huolintaliikkeitä kuljetusprosessin arkkitehdeiksi, koska huolintaliikkeillä on tiedot useiden erilaisten kuljetusliikkeiden, varustamoiden, lentoyhtiöiden ym. palveluista ja hinnoista. Huolintaliike pystyy tietojensa pohjalta räätälöimään kullekin asiakkaalle parhaan kuljetuskokonaisuuden tehokkaasti, turvallisesti ja sopivaan hintaan. Lisäksi huolintaliike tietää dokumenttivaatimukset ja osaa neuvoa asiakastaan oikeanlaisten dokumenttien tekemisessä. Huolintaliikkeitä on myös olemassa erilaisia; jotkut keskittyvät johonkin tiettyyn kuljetusmuotoon, tullauksiin tai esimerkiksi projektihuolintaan.

Kansallisissa tai kansainvälisissä laeissa ei ole yhtenäisesti säädetty huolintaliikkeiden ja toimeksiantajien oikeuksista ja velvoitteista, joten tätä aukkoa paikkaamaan on laadittu Pohjoismaisen Speditööriliiton yleiset määräykset. Viimeisin vakioehtokokoelma on uudistettu vuonna 1998 ja siitä käytetään nimitystä PSYM 2000. Suomessa määräysten valmistelun ovat osallistuneet Keskuskauppakamari, Teollisuuden ja Työnantajain Keskusliitto, Kaupan keskusliitto, Suomen Rahdinantajain Neuvottelukunta ja Pohjoismainen Speditööriliitto. PSYM 2000-ehtokokoelma on yleisesti vakiinnuttanut asemansa kuljetusalalla pohjoismaissa, ja siihen viitataan usein jo rahtitarjouksissa. Koska PSYM 2000 ei kuulu lainsäädäntöön, sen määräysten soveltamisesta pitää aina sopia osapuolten kesken. (Suomen huolintaliikkeiden liitto 2013; PSYM 2000.)

ABB Oy Transformersilla ei ole omaa kuljetuskalustoa, joten se käyttää hyväkseen erilaisten ennalta hyväksytyjen kuljetus- ja huolintaliikkeiden palveluita. Vaikka kuljetusten hoitaminen on ulkoistettu kolmannelle osapuolelle, muuntajan kuljetettavuuden parantaminen ja sitä kautta kuljetuskustannusten pienentäminen on tärkeää kaikille osapuolille. Kuljetus- ja huolintaliikkeet pystyvät löytämään useampia kuljetusratkaisuja logistiikan kannalta paremmin suunnitellulle tuotteelle, jolloin valinnan varaa on enemmän niin hinnan kuin aikataulujenkin puolesta. Kuljetus- ja huolintaliikkeet ovat ratkaisevassa asemassa muuntajakuljetusten kannalta, joten hyvät keskinäiset suhteet ovat tärkeitä molemmille osapuolille. Muutamia huolinta- ja

kuljetusliikkeitä on otettu tähän tutkimukseen mukaan, jotta kaikki eri kuljetusmuotojen kannalta tärkeät seikat tulisivat huomioon otetuksi. Monet huolinta- ja kuljetusliikkeet kuitenkin tarjoavat samanlaisia palveluita, joten tutkimuksen kannalta ei olisi perusteltua ottaa niitä kaikkia mukaan tutkimuksen tiedonkeruuseen.

#### **4.4. Toimitusehto**

Kansainvälisessä kaupassa toimitusehto määrittää tarkasti ostajan ja myyjän väliset velvoitteet ja oikeudet sekä riskin siirtymisen tuotteen kuljetuksessa. Toimitusehtona käytetään yleensä maailmanlaajuisesti INCOTERMS-ehtoa, joka on Kansainvälisen kauppakamarin (jatkossa ICC) julkaisema toimituslausekekokoelma. INCOTERMS-ehtoja uudistetaan noin 10 vuoden välein, ja viimeisin julkaistu ehtokokoelma on INCOTERMS 2010. Yritykset voivat kuitenkin sopimuksessaan viitata myös aikaisempiin INCOTERMS-ehtoihin, jolloin ne eivät menetä merkitystään uusien ehtojen julkaisemisen jälkeenkään. (ICC 2010: 4.) INCOTERMS-ehdon soveltaminen on hyödyksi molemmille kaupan osapuolille, koska se poistaa epävarmuustekijöitä ja luo yhdenmukaisen tavan toimia kansainvälisessä kaupassa. (Rodrigue 2012: 241). Toimituslauseke koskee nimensä mukaisesti ainoastaan tuotteen toimittamiseen liittyviä seikkoja, joten sen lisäksi ostajan ja myyjän on aina sovittava vielä erikseen muista ehdoista, kuten toimitusajasta, dokumenteista ja maksuehdoista. (Van Goor, Ploos van Amstel & Ploos van Amstel 2003: 67).

ICC luokittelee INCOTERMS 2010-ehdot kahteen pääryhmään sen mukaan, soveltuvatko ne kaikille kuljetusmuodoille vai ainoastaan merikuljetuksille. (ICC 2010: 7.) Käytännössä INCOTERMS-ehdot jaetaan yleensä kahteen eri pääryhmään sen mukaan, ottaako ostaja vai myyjä hoidettavakseen suurimman osan tuotteen kuljetuksen järjestämisestä ja siitä aiheutuvasta riskistä. Gattorna (1997: 410–411) ehdottaa, että etenkin vientiyritysten tulisi myydä tuotteensa toimitettuna osana markkinointia ja strategiaansa. Kun myyjä järjestää kuljetuksen sovittuun toimituspaikkaan, ostaja saa parempaa palvelua ja voi myös paremmin vertailla saamiaan kotimaisia ja kansainvälisiä tarjouksia. Kuljetusriski on yleensä tällöin myös myyjällä kunnes tavara

on toimitettu ostajalle. Käytännössä kuitenkin suuri osa yrityksistä ei myy tuotteitaan toimitettuna, jolloin tuotteen kuljetuksen järjestäminen jää asiakkaan vastuulle. Tähän voi olla syynä Rodriguen (2012: 243) esittämä ongelma kuljetuksen hinnoittelusta. Kuljetuskustannukset koostuvat yleensä monesta erilaisesta tekijästä, jotka voivat muuttua tarjouksen antamisen ja kuljetuksen toteutumisen välisenä aikana. Tällöin kuljetuksen osana kauppahintaa tarjonnut yritys joutuu kantamaan suurempaa riskiä, jota ei aina voida kompensoida tuotteen myyntihinnassa.

Suurin osa ABB Oy Transformersin kaupoista on myyty toimitusehdolla, jossa ostaja vastaa tuotteen noutamisesta tehtaalta ja sen toimittamisesta määräpaikkaan. Tällöin toimitusehtona on yleensä FCA. Joskus samaan tarkoitukseen on myös käytetty EXW ehtoa, mutta sitä tulisi välttää kansainvälisessä kaupassa etenkin siitä syystä, että viejällä ei välttämättä ole mahdollisuutta todistaa tavaran poistumista Euroopan yhteisön alueelta, jolloin verotuskysymykset voivat muodostua ongelmaksi. Toinen ongelma noudettuna myytyjen projektien kanssa on se, että asiakkaan hoitaessa kuljetuksen järjestämisen, muuntajat noudetaan joissakin tapauksissa vasta kuukausien kuluttua valmistumisesta. Muuntajat joudutaan kuljettamaan erilliseen varastoon, jossa ne ovat ABB:n riskillä, kunnes asiakas on ne noutanut. FCA tai EXW ehtojen suosimisella on myös välillistä vaikutusta toimitettuna myytyjen kauppohen rahtikustannuksiin, koska yrityksen oma rahtivolyyymi, eli kuljetettavan rahtin kokonaismäärä, on silloin alhaisempi. Suuremmalla rahtivolyyymilla viejän on mahdollista saada paremmat rahtihinnat ja kuljetuksia yhdistämällä saavuttaa jopa merkittäviä säästöjä rahtikustannuksissa. Tätä kautta myös asiakkaalle tarjottavien rahtihintojen taso voisi olla nykyistä matalampi.

Pohjoismaiden kaupoissa vastuunjakotilanne on kuitenkin yleensä siten, että ABB Oy Transformers yleensä hoitaa sekä tuotteen kuljetuksen määräpaikalle että muuntajan asennuksen toimintavalmiiksi. Näissä tapauksissa toimitusehtona on yleensä DAP, johon lastin purku ja muuntajan asennus on liitetty lisäehtona. Muuntajan kuljetettavuus on siis tällä hetkellä ABB Oy Transformersin kannalta hieman tärkeämmässä asemassa etenkin pohjoismaiden toimituksissa. Kuitenkin asiakkaiden ja uusien tilauksien varmistamisen kannalta olisi tärkeää, että muidenkin toimitusten hoitaminen olisi

mahdollisimman vaivatonta ja edullista muuntajan kuljetettavuuteen panostamisen ansiosta.

#### **4.5. Kuljetusriskit**

Jokainen yritys pyrkii toimivaan ja luotettavaan toimitusketjuun, joten sen riskien arvioiminen on tärkeää toiminnan jatkuvuudelle. Lean-strategia, tarkasti aikataulutetut toimitukset, mahdollisimmat pienet varastotasot ja nopea reagointi asiakkaan tilauksiin vaativat toimitusketjulta entistäkin parempaa luotettavuutta ja toimintavarmuutta. Toimitusketjussa voi ilmetä monenlaisia yrityksen päivittäistä toimintaa haittaavia tekijöitä, kuten ongelmat tietoliikenteessä tai kuljetuskalustossa, alihankkijoiden ongelmat, henkilöstön lakkoilu, luonnonkatastrofit tai terroriuhka. Riskien hallinnassa kolme tärkeää vaihetta ovat mahdollisten riskien tunnistaminen, riskin toteutumisen todennäköisyyden määrittäminen ja riskin toteutuessa vahingon suuruuden minimoiminen. Sadler myös toteaa, että toimitusketjun kaikkien osapuolten tulisi tehdä tiivistä yhteistyötä riskien ennaltaehkäisemiseksi, eikä odottaa että jotain ensin sattuu. (Sadler 2007: 88; Harrington ym. 2011: 16.)

Etenkin kansainvälistä kauppaa tekevien vientiyritysten pitää osata varautua monenlaisiin kuljetusriskeihin. Kuljetusten ulkoistaminen kolmannelle osapuolelle voi esimerkiksi synnyttää uudenlaisia riskejä yritykselle. Riskinä voidaan pitää esimerkiksi sitä, että yrityksen oma tietotaito kuljetusten hoitamisessa katoaa, jonka jälkeen se on riippuvainen kolmannelta osapuolelta. Kansainvälisissä kuljetuksissa pitää ottaa huomioon lisäksi myös valuuttariskit. Kansainvälistä kauppaa tekeväälle yritykselle voi syntyä tappioita jos esimerkiksi arvokas rahti on tarjottu sellaisella valuutalla, joka kuljetuksen aikana kallistuu suhteessa muihin valuuttoihin. (Sadler 2007: 108, 200.) Kuljetusriskiksi voidaan lukea myös tietyn liikennemuodon pysähtyminen esimerkiksi lakon tai luonnonmullistusten takia. Suomalaisia vientiyrityksiä ovat koetelleet esimerkiksi vuoden 2010 ahtaajien lakko, jolloin merikuljetusten hoitaminen oli käytännössä mahdotonta ja Islannin tulivuoresta noussut tuhkapilvi, joka pysäytti melkein kaiken lentoliikenteen koko Luoteis-Euroopassa. (Rodrigue 2012: 10.)



Kuljetuksiin ja niiden riskeihin vaikuttavat myös eri maiden infrastruktuuri, kuten tiet, satamat, sillat ja tietoliikenneyhteydet, joiden taso voi vaihdella paljonkin maan kehitysasteesta riippuen. Kehittyneissä maissa infrastruktuuri on yleensä hyvällä tasolla ja etenkin erikoiskuljetuksien kannalta oleelliset teiden ja siltojen kantavuus ja leveys eivät yleensä aiheuta suuria haasteita. Vähemmän kehittyneissä maissa infrastruktuuri on yleensä heikompaa, joten tiet voivat olla huonossa kunnossa ja varastointimahdollisuudet olemattomat. Logistiikan hoitaminen voi olla todella haasteellista, koska monet itsestään selvänä pidetyt asiat eivät pädekään kehitysmaissa. Kuljetuksen kannalta riskit siis kasvavat kehittymättömissä maissa. Maan kehitysasteesta riippumatta kuitenkin myös maantieteelliset tekijät, kuten ilmasto, etäisyydet kaupunkien välillä sekä maantieteelliset esteet, kuten vuoret, tunnelit ja vesistöt vaikuttavat osaltaan kuljetuksien hoitamiseen ja niiden riskeihin. Lisäksi eri kuljetusmuodoilla on erilaiset riskinsä. (Simchi- Levi ym. 2012: 327; Rodrigue 2012: 9.) Rodriguen (2012: 235) mukaan maantiekuljetus on erityisen riskialtis kuljetusmuoto, koska keskimäärin 90 % kaikista kuljetuksiin liittyvistä onnettomuuksista sattuu juuri maanteillä.

Kuljetusten aikaisia riskejä voidaan hallita kattavilla kuljetusvakuutuksilla, joka olisi hyvä olla jokaisella kansainvälistä kauppaa harjoittavalla yrityksellä. ABB Oy Transformersin kuljetukset on vakuutettu ABB:n globaalin vakuutusjärjestelyn kautta jatkuvasti voimassa olevalla kuljetusvakuutuksella. Kuljetusvakuutuksen lisäksi toinen keino suojautua riskeiltä on sopia kuljetus- ja huolintaliikkeiden kanssa erityiset ehdot vahinkojen varalle. ABB on siis globaalisti varautunut kuljetusriskeihin todella hyvin jo ennakolta, joten yksittäisten yksiköiden, kuten Transformersin, ei tarvitse huolehtia vakuutus- tai sopimusasioista erikseen.

Kuljetusriskien lisäksi kansainvälisiin kauppoihin liittyy muitakin riskejä, jotka johtuvat esimerkiksi suurista kulttuurieroista. Joissain maissa vastaanottaja ei esimerkiksi katso hyvällä, jos toimitus ei tapahdu juuri silloin kun on sovittu ja toisaalla taas useammankin päivän viivästys voi olla hyväksyttävää. Riskinä voi olla myös kielitaito, jos esimerkiksi rahdinkuljettaja ei osaa nouto- tai toimituspaikan kieltä. Joissain tapauksissa on olennaisen tärkeää, että lasti lastataan tai puretaan tietyllä tavalla, jolloin

kielitaidottomuus voi muodostua jopa turvallisuusriskiksi. (Simchi-Levi ym. 2012: 326.)

Turvallisuus on muutoinkin tärkeä elementti kansainvälisissä kuljetuksissa. Kuljetusverkot ovat historiallisesti olleet haavoittuvaisia sekä sotien että terroritekojen takia, ja niiden seurauksena kuljetusverkostoja on jouduttu osittain muovaamaan uudelleen. (Button 2010: 347). Esimerkiksi WTC-iskujen jälkeen lentorahdin turvallisuusmääräykset ovat tiukentuneet huomattavasti ja ylimääräiset turvatarkastukset ja rahdin läpivalaisu ovat nostaneet osaltaan etenkin lentorahdin hintaa. Terroriuhka on vaikuttanut myös merikuljetuksiin. USA:n tulliviranomaiset ovat esimerkiksi käynnistäneet CSI-ohjelman (Container Security Initiative), jossa USA:han matkalla olevien konttien tarkastukset tehdään jo ennen laivan lähtemistä kohti USA:n satamaa. Lähtösatamat ovat joutuneet investoimaan kalliisiin läpivalaisulaitteisiin ja turvatarkastuksiin, vaikka ne eivät suoraan hyödy niistä itse. (Rodrigue 2012: 291,293; Harrington ym. 2011: 18–19.)

Maailman tullijärjestö (WCO) on myös käynnistänyt oman hankkeensa, jolla on tarkoitus parantaa kansainvälisten toimitusketjujen turvallisuutta. Hankkeen ideana on myöntää erityinen AEO-status (Authorized Economic Operator) niille yrityksille, jotka ovat saaneet tullin myöntämän turvallisuustodistuksen tullaus- ja logistiikkatoiminnoilleen. AEO-status on vapaaehtoinen, mutta sen avulla yrityksen on mm. mahdollista nopeuttaa tavaravirtojaan, saada tiettyjä etuuksia Tullilta sekä saavuttaa luotettavan toimijan maine markkinoilla. (Tulli 2013.) ABB Oy:llä on tavoitteena saavuttaa AEO-status vuoden 2014 kuluessa.

## **5. TUOTTEEN SUUNNITTELU LOGISTIIKAN KANNALTA**

Tuotteen suunnittelun lähtökohtana on yleensä itse tuotteen käyttötarkoitus, tuotettavuus, tuotantokustannukset, raaka-aineet tai komponentit ja kysyntä. Lisäksi tuotteen huollettavuus sekä uusiokäyttö tai loppusijoittaminen on syytä ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. (Karrus 2003: 73). Sekä tuotteen tekniset ominaisuudet että fyysinen ulkomuoto lyödään myös lukkoon jo suunnittelussa. (Ulrich & Eppinger 2004: 3).

Yksi vähemmälle huomiolle jäänyt seikka tuotteen suunnittelussa on sen kuljetettavuus. Kuljetettavuudella tarkoitetaan tuotteen ominaisuuksia, joiden ansiosta tuotetta on helppoa ja mahdollisimman edullista kuljettaa pitkiäkin matkoja. Kuljetettavuuteen vaikuttavat itse tuotteen lisäksi myös poliittiset seikat, kuten eri maiden lait, säädökset, maiden rajat ja tullit. Kuljetettavuutta voidaan arvioida myös rahdin hinnan tai tuotteen herkkyyden mukaan. (Rodrigue 2013: 1.) Tuotteen suunnittelua ja kuljetettavuuden parantamista suunnittelun avulla sekä kuljetuspakkausten suunnittelua tarkastellaan enemmän tässä kappaleessa.

### **5.1. Tuotteen suunnittelu**

Teollisessa tuotannossa tuotteen suunnittelussa on ollut vuosien saatossa monenlaisia lähtökohtia. Tuotteen suunnittelu keskittyi aluksi useita vuosia pelkästään itse tuotteeseen ja sen toimivuuteen. Kun tuote oli jo valmis, sille kehitettiin vasta sen jälkeen sopiva tuotantotapa. 1980-luvulla alettiin ymmärtää, että yhdistämällä tuotteen ja tuotannon suunnittelun voidaan saavuttaa merkittäviä kustannushyötyjä. Tämän prosessin englanninkielinen termi on Design for Manufacturing (DFM). DFM:ssä siis tuotantotapa ja tuotannon rajoittavat tekijät otetaan huomioon jo tuotteen suunnittelun alkuvaiheessa, jolloin tuote on sekä toimiva että tehokkaasti valmistettava. (Simchi-Levi ym. 2008: 338.) Mangan ym. (2012: 370) kuitenkin muistuttavat että itse tuote on kaikkein tärkein lähtökohta; edes täydellisellä tuotantoketjulla ei voida kompensoida huonoa tuotetta.

DFM koostuu viidestä erilaisesta vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa tietyn tuotteen tuotantokustannukset arvioidaan, jolloin selviävät komponenttien, kokoonpanon ja välillisten kustannusten osuudet. Toisessa vaiheessa pyritään vähentämään komponenttien kustannuksia, kolmannessa kokoonpanon kustannuksia ja neljännessä vaiheessa välillisiä kustannuksia. Kolmanteen vaiheeseen, eli kokoonpanoon liittyvien kustannusten vähentämiseen on kehitetty oma metodinsa, jonka englanninkielinen termi on Design for Assembly (DFA). DFA:n lähtökohtana on kokoonpanon helpottaminen ja nopeuttaminen esimerkiksi komponenttien määrää vähentämällä, komponenttien yhdistämisellä ja helposti asennettavilla komponenteilla. DFM:n viimeisessä, eli viidennessä vaiheessa tarkastellaan DFM:n vaikutuksia muihin tekijöihin, kuten tuotekehitykseen kuluvaan aikaan, kustannuksiin ja tuotteen laatuun. (Ulrich ym. 2004: 212–229.)

## **5.2. Tuotteen suunnittelu logistiikan kannalta**

DFM on nykyään yleisesti käytetty suunnittelukonsepti, mutta se ei ota huomioon tuotteen kuljetettavuutta. Kuljetuskustannukset ovat kuitenkin usein kriittisiä toimitusketjun kustannuksia, joten DFM:stä on jalostettu uusi suunnittelustrategia Design for Logistics (DFL). DFL:ssä tuotetta kehitetään yhteistyössä logistiikan kanssa, jotta tuotteen kuljetettavuus ja varastointi olisi mahdollisimman helppoa ja kustannustehokasta. (Simchi-Levi ym. 2012: 342.)

Simchi-Levin ym. (2012: 342–343) mukaan DFL koostuu kolmesta erilaisesta osa-alueesta, jotka ovat taloudellinen pakkaustapa & kuljettaminen, samanaikainen prosessointi ja yhtenäistäminen. DFL:lle ilmeisin ja tärkein alue on tuotteiden ja niiden pakkausten suunnittelu tehokkaan kuljettamisen ja varastoinnin kannalta, ja tähän aiheeseen keskitytäänkin eniten tässä tutkimuksessa. Simchi-Levi ym. (2012) ovat kuitenkin kertoneet DFL:stä ainoastaan pienten tuotteiden näkökulmasta, kun taas tässä tutkimuksessa tutkitaan suuria tuotteita, eli muuntajia. Peruseriaate on kuitenkin sama,

eli kuljetus- ja varastointikustannuksia voidaan leikata suunnittelemalla tuotteet kuljetettavuuden kannalta optimaalisiksi. Simchi-Levi ym. painottavat lisäksi, että valmiin tuotteen pakkauksen uudelleensuunnittelu ei aina välttämättä riitä, vaan koko tuote pitäisi suunnitella alusta lähtien tehokasta kuljettamista ja varastointia silmälläpitäen.

Gubi (2001) on tutkimuksessaan Design for Logistics selvittänyt DFL:n kriittisiä elementtejä ja käyttöönoton suuntaviivoja. Gubi on ensimmäiseksi huomannut, että DFL ei juuri ole esiintynyt alan kirjallisuudessa tai tutkimuksissa ja että siitä on todella vähän tietoa saatavilla. Tilanne on nykypäivänä edelleen samanlainen; DFL:stä ei esimerkiksi ole kirjoitettu uusi kirjoja tai tehty uusia merkittäviä tutkimuksia Gubin jälkeen. Alan kirjallisuudessa keskitytään lähinnä kuljetuskustannusten minimoimiseen kuljetusreittien tai rahtihintojen kilpailutuksen kautta, ja DFL mainitaan muutamissa teoksissa lähinnä sivulauseessa. Valmiiden teorioiden puuttumisen takia Gubi onkin omassa tutkimuksessaan päätenyt ratkaisuun, jossa DFM:stä johdetaan teorioita DFL:ään.

Gubin mukaan DFL:n suurimpana haasteena on yhdistää tuotanto ja logistiikka, vaikka molemmilla onkin yhteinen päämäärä. Vaikka molemmat pyrkivät tekemään tuotteelle lisäarvoa, niiden keinot ovat erilaiset: tuotanto muovaa tuotteen ja keskittyy sen laatuun, kun taas logistiikalle tärkeitä ovat ajasta ja paikasta riippuvaiset kustannukset. Haasteellisuutta lisää myös se, että tuotanto kuuluu yleensä kiinteästi yrityksen omaan organisaatioon, mutta logistiikka on yleensä enemmän hajautunutta ja yleensä suurimmalta osin kolmansien osapuolten hallinnassa. ABB Oy Transformersilla on juuri samanlainen tilanne tuotannon ja vientilogistiikan osalta, koska tuotanto tehdään itse ja kuljetuksia hoitavat käytännössä kuljetus- ja huolintaliikkeet. Gubin tutkimuksessa on todettu, että DFL:n toteuttamiseen ei ole olemassa yleisiä selkeitä ohjeita, vaan logistiikan ja tuotesuunnittelun tulisi tehdä asian eteen tiivistä yhteistyötä. Tutkimuksen mukaan DFL sisältää neljä tärkeää osa-aluetta, joita ovat logistinen tekniikka, tuotannon logistiikka, pakkausten suunnittelu ja kuljetettavuuden suunnittelu. (Gubi 2001.) Näistä yhteneväisiä Simchi-Levin ym. (2012: 342) näkökulman kanssa ovat pakkausten ja kuljetettavuuden suunnittelu.

Tässä tutkimuksessa perehdytään ensin Gubin mainitsemaan logistiseen tekniikkaan, eli kuljetusvälineisiin ja kuljetusyksiköihin. Näitä tutkimalla selvitetään, miten suunnittelussa voidaan ottaa huomioon muuntajan kuljetettavuus. Vaikka tutkimus on rajattu näihin osa-alueisiin, DFL:ää sovellettaessa pitää aina kuitenkin muistaa, että se ei koskaan voi toimia yksinään, vaan yritysten pitää ottaa huomioon myös DFM, toimitusketjun hallinnan kokonaisvaltainen kehittäminen ja toimivat tuotantoprosessit. (Kamrani, Azimi & Al-Ahmari 2013: 173).

### **5.3. Kuljetuspakkausten suunnittelu**

Kuljetuspakkauksen pitää ensisijaisesti suojata tuotetta kaikenlaiselta vahingoittumiselta kuljetuksen aikana, mutta tuotteen pakkausta suunniteltaessa pitää ottaa huomioon myös monenlaisia muitakin seikkoja. Oikeanlaisen kuljetuspakkauksen avulla voidaan ehkäistä tuotteen varastamista tai osien katoamista kuljetuksen aikana. Pakkausmateriaaleilla on myös erilaisia vaikutuksia tuotteen hintaan ja kuljetettavuuteen. Optimaalisella kuljetuspakkausten suunnittelulla yritysten on myös mahdollista saavuttaa kilpailuetua, kuten jo aiemmin on todettu. Kuljetuspakkauksen avulla voidaan parantaa kuljetustilan hyödyntämistä siten, että pakkaukset vievät mahdollisimman vähän tilaa kuljetusyksikössä tai ne voidaan lastata esimerkiksi päällekkäin suurimman mahdollisen hyödyn saavuttamiseksi, jolloin rahdin yksikkökustannukset pienentyvät. (Albaum ym. 2011: 889.)

Kye, Lee & Lee (2013) ovat tutkineet kuljetuspakkausten vaikutusta rahdinkuljettamisen tehokkuuteen. Tutkimuksessa todetaan, että yritykset ovat vasta hiljattain alkaneet ymmärtää, että kuljetuspakkausilla on merkittäviä vaikutuksia toimitusketjun logistisiin kustannuksiin, vaikka ne vielä usein kokonaan sivuutetaankin. Lisäksi kuljetuspakkaus nähdään nykyään enemmän osana koko prosessia ja sen optimoinnin avulla voidaan saavuttaa suoria ja epäsuoria kustannushyötyjä koko toimitusketjulle. Tutkimuksen tuloksena todettiin, että yritysten kannattaa käyttää tuotteidensa pakkauksina standardimittaisia laatikoita, jotka on lastattu kuljetuslavoille siten, että ne täyttävät lavan mahdollisimman täyteen. Tutkimus painottaa lavojen

käyttämistä kuljettamisessa ja toteaa, että lavakuljettamisella saavutetaan suurin hyöty kuljetuksen tehokkuudessa.

ABB Oy Transformersin kannalta Kye, Lee & Lee:n tutkimustuloksia voidaan suoraan soveltaa ainoastaan muuntajan tarvikkeiden ja varaosien kuljettamiseen, koska itse muuntajia ei voida kuljettaa standardimittaisilla lavoilla niiden suuren koon vuoksi. Tässä tutkimuksessa perehdytään kuitenkin ainoastaan itse muuntajien kuljettamiseen sen merkittävemmän kustannusvaikutuksen takia. Kye, Lee & Lee ovat kuitenkin tarttuneet tärkeään aiheeseen, jota ei ole vielä monessakaan tutkimuksessa käsitelty ja tutkimuksen konseptia hyödynnetään myös muuntajien kuljetettavuutta tutkittaessa. Suunnitteluvaiheessa on hyvä huomioida, että kuljetusmitat määräytyvät lopullisen kuljetettavan kappaleen suurimpien ulkomittojen mukaan, eli jos muuntaja on pakattu esimerkiksi puulaatikkoon, sen ulkomitat ovat kuljetusmittoja. Itse muuntajan ulkomittojen optimoiminen on siis turhaa, jos kuljetuspakkauksen mittoja ei oteta huomioon.

ABB sopii asiakkaan kanssa muuntajan ja sen tarvikkeiden pakkaustavasta kaupanteon yhteydessä. Valmiit muuntajat kuljetetaan useimmiten sellaisenaan ilman erityistä pakkausta, puisten palkkien tai lavan päällä. Likaantumisen estämiseksi muuntaja voidaan lisäksi muovittaa ennen noutoa. Muita pakkaustapoja ovat puu- tai vanerilaatikko tai puinen häkki. Pakkaustavasta riippuen muuntajan mittoihin lisätään 15-25cm pituuteen, leveyteen ja korkeuteen, jolloin saadaan lopulliset kuljetusmitat.

## 6. TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

Kuljetettavuudella voi olla suuri merkitys kuljetuskustannuksiin kansainvälistä kauppaa tekeväälle yritykselle, ja kuljetusten hoitaminen järkevillä ratkaisulla ja kohtuullisella hinnalla on myös yksi tekijä yrityksen kilpailukyvyn ylläpitämisessä. Tähän tutkimukseen ryhdyttiin, koska kuljetettavuutta ei tällä hetkellä oteta huomioon ABB Oy Transformersin suunnittelussa.

Tutkimusaineiston ja menetelmien valinta perustuu jo johdannossa esitettyihin tutkimuskysymyksiin:

1. Onko ABB:n muuntajatoimitusten kustannuksia mahdollista saada pienennettyä optimoimalla muuntajan kuljetettavuutta?
2. Mitkä ovat muuntajan kuljetusmittojen kriittiset raja-arvot eri kuljetusmuodoissa?
3. Kuinka paljon voidaan vuosittain säästää optimoimalla muuntajan kuljetettavuutta?

Kun tutkimusongelman ratkaisuun ei riitä pelkkä looginen ajattelu ja olemassa oleva tieto, täytyy uutta tietoa hakea tutkimuksen avulla. Tutkimuksen tarkoituksena on löytää keinoja ongelman ratkaisemiseen käytännössä, joten tämän tutkimuksen luonne onkin soveltava tutkimus. Soveltavalle tutkimukselle luonteenomaisia piirteitä ovat esimerkiksi pyrkimys ongelman ratkaisuun, sidonnaisuus aikaan ja kustannuksiin sekä metodien yhdistelmät. (Hirsjärvi 2008: 19, 129). Kaikki edellä mainitut piirteet ovat selkeästi havaittavissa myös tässä tutkimuksessa.

Tutkimuksen primaariaineisto koostetaan pääasiassa kyselyistä ja teemahaastatteluista. Sekundaariaineistona käytetään lisäksi myös ABB:n omia muuntajien kuljetuksiin liittyviä ohjeita ja muita kuljetuksiin ja suunnitteluun liittyviä ohjeita ja dokumentteja. Aineistonkeruumenetelmiksi on valittu kaksi erilaista menetelmää, koska muuntajien kuljetuksiin vaikuttavat niin monenlaiset eri tekijät. Kysely ja teemahaastattelu ovat tutkimusmenetelminä hyvin erilaisia ja tässä tutkimuksessa niitä käytetään toisiaan täydentävinä menetelminä.



Kvalitatiivisessa tutkimuksessa ei pyritä mahdollisimman suureen tutkimusaineistoon, vaan laatu korvaa määrän. Aineiston saturaatio, eli tutkimusaineiston riittävyys, vaihtelee hieman kolmella tutkittavalla kuljetusmuodolla. (Hirsjärvi ym. 2008: 176). Rautatiekuljetuksia käytetään pääsääntöisesti Suomesta itään suuntautuviissa kuljetuksissa ja ainoastaan Venäjän rautateiden (RZD) kautta. Ainoastaan yhdellä ABB:n käyttämällä kuljetusliikkeellä on lisäksi käytössään omaa rautatiekalustoa, joten tältä osin aineistoksi riittää yhden kuljetusliikkeen kysely ja teemahaastattelu. Maantie- ja merikuljetuksissa on enemmän valinnanvaraa kaluston ja reittien suhteen, joten niiden osalta valitaan kuhunkin 2-3 kuljetus- ja huolintaliikettä. Tämän enempää kuljetus- ja huolintaliikkeitä ei ole mielekästä ottaa mukaan tutkimukseen, jotta turhilta päällekkäisyyksiltä vältetään.

## **6.1. Kyselyt**

Kyselyillä ja haastatteluilla pyritään saamaan vastauksia kahteen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Tutkimus alkaa kyselyillä, joiden avulla pyritään kartoittamaan muuntajien kuljetuksessa käytettävän kaluston rajoitteet ja muuntajan kuljetusmittojen vaikutukset kuljetettavuuteen. Kysely on tähän tutkimukseen parhaiten soveltuva tiedonkeruumenetelmä, koska rajoitteita on erilaisia eri kalustoilla ja vastaajilla on kyselyssä aikaa tutkia vastauksia rauhassa omista tietolähteistään. Kyselyssä kartoitettavat asiat ovat hyvin teknisiä ja tarkkoja vastauksia vaativia, joten kyselyn avulla pyritään saamaan oikeita ja mahdollisimman tarkkoja tuloksia. Kyselyssä ei vielä tutkita tarkkoja hintatietoja, vaan ainoastaan yleisen tason hintatasoa ja rahtihintojen suhteita.

Kysely tutkimusmenetelmänä tarkoittaa valmiilla lomakkeella tapahtuvaa tiedonkeruuta ja se mahdollistaa laajan tutkimusaineiston keräämisen tehokkaasti. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan ole tarkoitus lähettää kyselyä isolle otokselle, vaan ainoastaan tarkasti valituille ja ennalta sovituille henkilöille. Kysely on tässä tapauksessa kuitenkin sopiva tutkimusmuoto, koska vastaajilla on mahdollisuus itse vaikuttaa siihen, koska he vastaavat kyselyyn. Tällöin vastaukset ovat luotettavampia,

kun vastaajat voivat oman aikataulunsa mukaan miettiä vastauksiaan ja vastata kyselyyn silloin kun se heille parhaiten sopii. (Järvinen & Järvinen 2000: 155). Kyselyyn tutkimusmenetelmänä liittyy myös muutamia varjopuolia. Tavallisin ongelma on kyselytutkimuksen aineiston pinnallisuus ja se, että kyselystä ei käy ilmi, miten vakavasti vastaajat ovat siihen suhtautuneet. Toinen kyselyn ongelma on myös se, että kysely suoritetaan ainoastaan kerran, joten tutkijan on mahdotonta heti tietää, ovatko vastaajat ymmärtäneet kysymykset oikein. (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2008: 190). Tässä tutkimuksessa kyselyillä saatua aineistoa täydennetään kuitenkin haastatteluilla, jolloin varmistutaan vastauksien paikkansapitävyydestä ja vastaajien suhtautumisesta tutkimukseen.

Kyselyn muodostamisen lähtökohtana pitäisi aina olla tutkimuksen aihe, jonka perusteella oikeanlainen kysymysten muoto valitaan. Tärkeintä on, että kysymysten sanamuoto on riittävän neutraali, jotta itse kysymykset eivät ohjaa vastaajia vastaamaan jollakin tietyllä tavalla, jolloin kyselyn tulokset vääristyisivät. Kysymykset voidaan tehdä pääsääntöisesti kahdella eri tavalla sen mukaan, voiko vastaaja vastata kysymykseen täysin itsenäisesti tai valita jonkun valmiin vastausvaihtoehdon. Ensimmäisessä vaihtoehdossa on kyseessä avoin kysymys, jossa kysymyksen jälkeen on tilaa vastausta varten. Avointen kysymysten avulla voidaan saada vastauksia, joita tutkija ei ole etukäteen osannut odottaa. Toisessa tapauksessa on kyse joko osittain tai kokonaan strukturoidusta kysymyksestä, jossa tutkija on rajoittanut vastausvaihtoehtoja. Nämä kysymysmuodot soveltuvat tutkimusaiheisiin, joissa on olemassa yleisesti tiedossa oleva ja hyväksytty luokitus. (Hirsjärvi ym. 2008: 193–194; Järvinen ym. 2000: 155)

Tässä tutkimuksessa kyselyt koostuivat pelkästään avoimista kysymyksistä, joita oli 6-8 kpl tutkittavasta kuljetusmuodosta riippuen. Avointen kysymysten etuna on se, että vastaaja joutuu itse pohtimaan vaihtoehtoja ja vastaus heijastaa vastaajan tietämyksen tasoa tutkittavasta aiheesta. Vastauksista voidaan myös helposti päätellä, mitkä ovat tutkittavan aihepiirin keskeisimmät asiat vastaajien mielestä. Avoimissa kysymyksissä haittapuolena on vastausten vertailemisen haasteellisuus ja niiden vaikeampi käsittely ja analysoiminen. (Hirsjärvi ym. 2008: 196). Kyselyiden kysymykset muodostettiin siten,

että ne kartoittivat vastaajan erityistietämystä muuntajien erikoiskuljetuksista. Kysymyksissä ohjattiin vastaamaan sekä vapaamuotoisesti laajoihin kysymyksiin, että tarkasti yksityiskohtaisiin kysymyksiin. Kyselyiden pituus haluttiin pitää kohtuullisena, jotta vastaajilla riittäisi motivaatiota perehtyä riittävän tarkasti jokaiseen kysymykseen. Juna- ja merikuljetusta koskevat kyselyt olivat yhden sivun mittaisia ja maantiekuljetusta koskeva oli n. 1,5 sivun mittainen.

Kyselyitä laaditaan kolme erilaista eri kohderyhmiä varten; ensimmäinen kyselyn kohde on maantiekuljetukset (LIITE 2.), toisen merikuljetukset (LIITE 3.) ja kolmannen rautatiekuljetukset (LIITE 4.). Eri kuljetusmuodoilla on hyvin erilaiset kalustot ja erilaiset rajoitukset muuntajien kuljetettavuudelle, joten samaa kyselylomaketta ei ole tarkoituksenmukaista käyttää kaikille kuljetusmuodoille. Koska jotkin kuljetus- ja huolintaliikkeet toimivat aktiivisesti monessa eri kuljetusmuodossa, on mahdollista että yhdelle vastaajalle lähetetään kaksi erillistä kyselyä eri kuljetusmuodoista.

Tutkimusta varten haluttiin ensin selvittää, kuinka muuntajan kuljetusmitat ja – paino vaikuttavat kuljetettavuuteen kolmessa tutkimukseen valitussa kuljetusmuodossa, eli meri-, rautatie ja maantiekuljetuksissa. Lisäksi kyselyn avulla pyrittiin kartoittamaan tarkkoja tietoja näiden kuljetusmuotojen rajoituksista kuljetusmitoille ja suuntaa antavia tietoja rahtikustannuksista. Kyselyt lähetettiin kuljetus- ja huolintaliikkeille sähköpostitse tammikuun alussa 2014. Kyselyt tehtiin Word-dokumentteina, jotta vastaajien oli helppoa täyttää vastauksensa samaan dokumenttiin, eikä tilankäyttö rajoittanut vastauksien pituutta.

Vastauksien antamiselle ei asetettu erityistä määräpäivää, jotta kaikki vastaajat saivat mahdollisuuden perehtyä rauhassa kyselyyn, tutkia omia tietolähteitään vastauksia varten ja panostaa vastauksiinsa. Kaikki kyselyyn valitut kuljetus- ja huolintaliikkeet vastasivat kyselyyn ja vastauksien saamiseen meni vastaajasta riippuen muutamasta päivästä noin kolmeen viikkoon.

## **6.2. Teemahaastattelut**

Kyselyn jälkeen tehdään muutamia teemahaastatteluita samoille kuljetus- ja huolintaliikkeiden henkilöille, jotka vastasivat kyselyyn. Kuten Hirsjärvi ym. (2008: 199) toteavat, haastattelun suurimpana etuna on etenkin sen joustavuus aineiston keräämisessä. Haastatteluiden aikana voi tulla ilmi uusia muuntajien kuljetettavuuteen vaikuttavia seikkoja, jotka voidaan haastattelutilanteessa ottaa mukaan tutkimukseen. Muuntajien kuljetusmittojen vaikutusta kuljetettavuuteen ei ole ABB:llä tässä laajuudessa ennen tutkittu, joten tutkittava aihe on vielä todella vähän kartoitettu ja on hyvin todennäköistä, että vastaukset ovat monitahoisia ja erilaisiin asioihin viittaavia. (Hirsjärvi & Hurme 2000: 34). Tästä syystä teemahaastattelu on tässä tutkimuksessa erityisen hyvä tapa hankkia tietoa alan ammattilaisilta. Haastateltavat on valittu tarkkaan ja he ovat jatkuvasti mukana muuntajien kuljetusten järjestämisessä ja hoitamisessa, joten heidät on helppoa tavoittaa myös haastattelun jälkeen jos tutkittavaan aineistoon tarvitaan täydennystä tai lisätietoja.

Järvinen ym. (2000: 153 – 155) määrittelevät, että haastattelu on tiedonkeruumenetelmä, jossa pyritään tutkijan ja haastateltavan, eli tietolähteen väliseen keskusteluun. Haastattelusta pitäisi muodostua aito vuorovaikutustilanne, jonka aikana tutkittavasti asiasta muodostetaan looginen kokonaisuus. Tutkija vastaanottaa tietolähteeltään uutta tietoa, jota voidaan haastattelun aikana välittömästi tarkentaa. Haastattelu on tehokas tapa tuottaa tutkittavaan asiaan uusia näkökulmia, mutta haastattelun onnistumisen edellytyksenä on myös haastattelijan perehtyminen aihealueeseen. Tietenkin myös haastateltava on valittava oikein ja haastateltavan pitää perehtyä haastateltavan toimenkuvaan ja tehtäviin etukäteen.

Haastattelu aineistonkeruumenetelmänä on yleensä koettu aikaa vieväksi, koska haastateltavien etsiminen, haastatteluajkojen sopiminen, itse haastattelu ja lopulta aineiston purkaminen on melko hidas prosessi. (Hirsjärvi ym. 2000: 35). Tässä tutkimuksessa kuitenkin ennalta lähetetyllä kyselyllä voidaan huomattavasti lyhentää haastatteluun käytettävää aikaa. Toinen haastatteluun liittyvä ongelma voi olla haastattelun luotettavuus tiedonkeruumenetelmänä. Haastateltava voi esimerkiksi kokea haastattelutilanteen painostavana tai haastateltava haluaa vastauksiensa kautta antaa itsestään tai yrityksestään tietynlaisen kuvan. Ongelmia voivat myös tuottaa

haastattelijan tai haastateltavan väärinymmärrykset tai virheelliset tulkinnat (Hirsjärvi ym. 2008: 200–202.) Tässä tutkimuksessa haastattelun ongelmia on pyritty minimoimaan valitsemalla haastateltavat huolellisesti. Toki haastatteluissa pitää muistaa, että ABB Oy Transformers on haastateltaville tärkeä asiakas ja haastateltavat haluavat antaa toiminnastaan ja yrityksestään mahdollisimman edullisen kuvan. Haastatteluissa pyritään kuitenkin objektiivisuuteen ja haastateltavat ovat alansa ammattilaisia sekä keskenään kilpailija-asemassa, joten vastauksia vertailemalla saadaan tutkittavasta asiasta riittävän kattava kokonaiskuva.

Kyselyiden tavoin myös haastattelu voidaan muodostaa eri menetelmillä. Haastattelun muoto määräytyy sen mukaan, kuinka tarkkaan kysymykset on ennakolta suunniteltu. Ääripäät ovat tiukasti strukturoitu haastattelu, jossa kysymyksiin on valmiit vastaukset ja jossa kysymykset käydään samalla tavalla läpi kaikkien haastateltavien kanssa. Toinen ääripää on avoin haastattelu, jota tutkimusteemat ohjaavat. (Järvinen ym. 2000: 153). Teemahaastattelussa on nimensä mukaisesti teema, eli aihepiiri jo ennalta tiedossa. Toisin kuin strukturoidussa haastattelussa, teemahaastattelussa ei ole valmista pohjaa haastattelulle, ja kysymysten järjestys ja tarkka sanamuoto eivät ole ennalta määrättyjä. (Hirsjärvi ym. 2008: 203). Teemahaastattelun etuna on haastateltavan näkökulmien ja ajatusten esiin tuleminen tutkijan mielipiteiden sijaan. Teemahaastattelussa tutkittavasta asiasta selviää haastateltavien niille antamat merkitykset ja paiotukset. (Hirsjärvi ym. 2000: 48).

Tutkijan on valmistauduttava haastatteluun riittävän hyvin, jotta itse haastattelutilanteessa tietoa saadaan kerättyä mahdollisimman tehokkaasti. Teemahaastattelua varten tehdään yleensä haastattelurunko, joka sisältää teema-alueluettelon. (Hirsjärvi ym. 2000: 66) Tätä tutkimusta varten tehtävissä teemahaastatteluissa voidaan pitää haastattelurunkona ja keskustelua ohjaavana kiintopisteenä haastateltavien täyttämää kyselylomaketta, jonka pohjalta keskustellaan muuntajan kuljetettavuuteen vaikuttavista seikoista eri kuljetusmuodoissa. Tavoitteena on saada luotettava ja kattava kuva kaikista niistä seikoista, jotka mahdollisesti vaikuttavat muuntajien kuljetettavuuteen ja rahtihintoihin. Teemahaastattelut tehtiin

kyselyihin vastanneille kuljetus- ja huolintaliikkeiden edustajille henkilökohtaisesti tai puhelimitse vuoden 2014 alkupuolella.

Kolmatta tutkimuskysymystä varten haastatteluiden jälkeen kartoitetaan myös tarkkoja hintatietoja, joita ei kuitenkaan euromääräisinä julkaista. Hintatiedot esitetään indekseillä laskettuina hinnan korotuksina eri kuljetusmuodoissa.

### **6.3. Tutkimuksen arviointi ja luotettavuus**

Tieteellisessä tutkimuksessa pyritään aina mahdollisimman luotettaviin ja päteviin tutkimustuloksiin, mutta todellisuudessa virheitä voi aina syntyä. Tämän takia onkin tärkeää tarkastella tutkimuksen reliaabeliutta ja validiutta, jotta saadaan selville, kuinka vakavasti otettava tutkimus on ja kuinka käyttökelpoista tietoa siitä on saatu. (Hirsjärvi ym. 2008: 226).

Reliaabelilla tutkimuksella tarkoitetaan sellaista tutkimusta, jonka mittaustulokset ovat toistettavissa ja jossa tulokset ovat johdonmukaisia. Reliabiliteettia voidaan parantaa monilla erilaisilla tutkimusprosessiin liittyvillä keinoilla, kuten esimerkiksi laadullisen tutkimuksen tapauksessa tarkalla selostuksella tutkimuksen toteuttamisesta ja aineiston tuottamisen olosuhteista. (Hirsjärvi ym. 2008: 226–227). Tätä tutkimusta varten tietoa kerättiin kyselyillä ja haastatteluilla, joiden kohteena oli muutamia huolinta- ja kuljetusliikkeiden edustajia sekä yrityksen omaa henkilöstöä. Kyselyt tehtiin sähköpostitse ja haastattelut suoritettiin joko kasvotusten tai puhelimitse. Reliabiliteetin varmistamiseksi niille varattiin riittävästi aikaa ja haastattelutilanteita varten valittiin mahdollisimman rauhallinen ympäristö, jotta haastateltavat pystyivät keskittymään haastattelutilanteeseen ja omiin vastauksiinsa.

Tutkimuksen validius, eli pätevyys on toinen tieteellisen tutkimuksen arvioinnin perusta. Validissa tutkimuksessa tutkimusmenetelmän valinta tukee tutkittavaa aihepiiriä siten, että tutkimuksessa käytetty mittari tai menetelmä mittaa juuri sitä mitä pitääkin. Validissa tutkimuksessa esimerkiksi kyselylomakkeen kysymysten asettelu on toteutettu siten, että vastaajat ymmärtävät kysymyksen yksiselitteisen oikein. (Hirsjärvi

ym. 2008: 226.) Tässä tutkimuksessa kyselyn kysymysten oikeanlainen ymmärtäminen varmistettiin haastatteluiden avulla, joiden aikana kyselyn kysymyksiä käytiin tarkemmin läpi ja niiden perusteella tutkittavasta aiheesta keskusteltiin vielä syvällisemmin. Tätä menetelmää kutsutaan metodologiseksi triangulaatioksi, jossa erilaisia tutkimusmenetelmiä käytetään yhdessä tutkimuksen validiutta parantamaan. Tässä tutkimuksessa aineistoa kerättiin ensin kyselyillä ja sen jälkeen teemahaastatteluilla, ja kahta erilaista tutkimusmetodia käyttämällä varmistuttiin aineiston luotettavuudesta ja lisäksi sen avulla tutkittavasta aiheesta saatiin laajempia näkökulmia. Triangulaation etuna on myös perusteettoman varmuuden vähentäminen, jolloin useilla menetelmillä saavutetut samankaltaiset tulokset varmistavat toisensa. (Hirsjärvi ym. 2000: 38 - 39)

Haastatteluaineistoa pyrittiin käsittelemään siten, että se olisi tutkimuksen kannalta mahdollisimman laadukasta, joka puolestaan parantaa aineiston luotettavuutta. Lisäksi laadukkuuden kannalta on tärkeää, että kaikkia haastateltavia haastatellaan. (Hirsjärvi 2000: 185). Tässä tutkimuksessa kaikkia tutkimukseen osallistuneita kuljetus- ja huolintaliikkeitä haastateltiin joko henkilökohtaisesti tai puhelimitse. Haastatteluiden aikana ei käytetty tallenteita, vaan tärkeimmät seikat kirjattiin paperille ja haastatteluiden tulokset litteroitiin heti haastatteluiden jälkeen kun keskustelut olivat vielä tuoreessa muistissa.

Hirsjärvi ym. (2000: 40) muistuttavat, että aika ja konteksti vaikuttavat aina tutkimusaineiston keräämiseen ja siitä saatuihin tuloksiin. Tätä tutkimusta luettaessa ja käytäntöön sovellettaessa tulee muistaa, että tutkimusaineisto kerättiin vuoden 2014 alussa. Kuljetuksiin ratkaisevasti liittyvät tekijät, kuten tietyillä reiteillä liikennöivät laivat, kuljetuskalustot ja logistiikkaa hoitavat yritykset voivat kuitenkin vaihtua ja tilanteet muuttua, joten tutkimusta sovellettaessa pitää aina muistaa sidonnaisuus kulloinkin voimassa olevaan aikaan ja tilanteeseen. Tutkimuksen tulokset eivät siis ole ns. kiveen hakattuja, mutta niiden avulla suunnittelun on mahdollista saada hyvä kuva siitä, minkälaiset asiat vaikuttavat muuntajien kuljetettavuuteen. Jos tutkimuksen tuloksia halutaan soveltaa pidemmällä tähtäimellä, tutkimuksen aineiston pitävyys pitäisi tarkistaa ainakin vuosittain.

## **7. KYSELYIDEN JA HAASTATTELUIDEN TULOKSET**

Kyselyt lähetettiin tutkimukseen valituille kuljetus- ja huolintaliikkeiden edustajille sähköpostitse 8.1.2014. Kaikki vastaukset kyselyihin saatiin noin kolmen viikon kuluessa ja vastaukset käytiin läpi huolellisesti ennen teemahaastatteluiden aloittamista. Haastatteluista sovittiin joustavasti haastateltavien kiireiden mukaan, ja osa haastateltavista halusi tulla välimatkoista huolimatta henkilökohtaisesti Vaasaan haastattelua varten. Tämän takia haastatteluja tehtiin useamman kuukauden aikana vuoden 2014 tammikuun lopusta maaliskuun puoliväliin sijoittuvalla aikavälillä.

Teemahaastatteluiden aikana oli mahdollisuus paikata joitain alueita, joihin vastaajat eivät olleet kyselyssä täysin kattavasti vastanneet. Lisäksi haastatteluissa käsiteltiin syvällisemmin niitä aihealueita, jotka haastateltavien mielestä olivat tärkeimpiä muuntajien kuljetettavuuden kannalta. Haastatteluiden jälkeen tuloksia tarkasteltiin ja analysoitiin siten, että jokaiselle kuljetusmuodolle määriteltiin tietyt mittarajat, joille pyydettiin vielä lopuksi määrittelemään hintojen eroavaisuudet. Saaduista hintatiedoista laskettiin keskiarvot ja niiden indeksit lopulliseen taulukkoon, jotta tulos olisi mahdollisimman luotettava.

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi kyselyiden ja haastatteluiden tulokset kuljetusmuodoittain siten, että molempien tiedonkeruumenetelmien tulokset yhdistetään vastauksiin.

### **7.1. Maantiekuljetukset**

Maantiekuljetukset ovat Vaasan muuntajatehtaalle erityisen merkittävä kuljetusmuoto, koska Pohjoismaat on tärkeä markkina-alue. Pohjoismaiden kuljetukset hoidetaan yleensä maanteitse lavettikuljetuksilla, joten tutkimukseen valittiin mukaan kolme eri kuljetusliikettä, jotka operoivat säännöllisesti omia ja tarvittaessa myös yhteistyökumppaneidensa lavetteja muuntajien kuljetuksissa. Kaikilla kolmella kuljetusliikkeellä on käytännön kokemusta ja vuosien kuluessa karttunutta tietoa



muuntajien kuljetusten hoitamisesta. Kuljetusliikkeisiin viitataan jatkossa kirjaimin A, B ja C. Kuljetusliike A:n teemahaastattelu tehtiin ABB Oy Transformersin tiloissa 30.1.2014 ja kuljetusliike B:n haastattelu 19.3.2014. Kuljetusliike C:n teemahaastattelu tehtiin ABB Oy Transformersin tiloissa 7.3.2014 ja kuljetusliikkeestä oli paikalla kaksi edustajaa, joista molemmat osallistuivat haastatteluun.

Kyselyistä ja haastatteluista kävi ilmi, että muuntajien kuljetuksissa maanteitse laveteilla on huomioitava monenlaisia tekijöitä, eikä kalusto- tai reittivalinta ole aina ns. mustavalkoista. Kaikki kyselyihin ja haastatteluihin vastanneet kuljetusliikkeet painottivat erityisesti, että heidän antamansa vastaukset ovat ainoastaan yleistyksiä, ja jokainen muuntajan kuljetus tarkastellaan ja suunnitellaan aina tapauskohtaisesti. Kuljetusliikkeet totesivat, että muuntajien kuljetukset ovat melko haastavia, koska erilaisia muuttujia on niin paljon. Muuntajien kuljetuksia suunniteltaessa tulee aina ottaa huomioon kuljetusmittojen ja painon lisäksi myös kohdemaan, reitin, aikataulun ja käytettävän kuljetuskaluston. Kuljetusliikkeet A ja C liittivät kyselyn vastaustensa mukaan myös kuljetuksiin liittyvää oheismateriaalia, johon viitataan vastauksissa.

Kyselyn ensimmäisessä kysymyksessä haluttiin saada kattava yleiskuva siitä, miten muuntajan kuljetusmitat ja – paino vaikuttavat rahtihintoihin erityisesti lavettikuljetuksissa. Kuljetusliike A muistutti, että normaaleiden mittojen ja painojen ylittyessä kuljetuksen status muuttuu erikoiskuljetukseksi. Kaikkien kuljetusliikkeiden mukaan erikoiskuljetusten rahtihinnat ovat normaalia traileriliikennettä korkeampia varsinkin järeämmän kuljetuskaluston takia, mutta hintaan vaikuttavat myös esimerkiksi saatto- ja varoitusautot, esteiden, kuten liikennemerkkien ja sähkölankojen poistot sekä erilaiset viranomaiskulut, kuten kuljetusluvat ja poliisisaatot. Kuljetusliike C:n lähettämästä lisämateriaalista käy ilmi, että erikoiskuljetus vaatii aina erikoiskuljetusluvan, joka anotaan tietylle muuntajalle, joka kuljetetaan tietyllä reitillä ja jonka voimassaoloaikana kuljetus pitää suorittaa. Materiaalissa eritellään, että kuljetusluvan edellytyksenä on kuorman jakamattomuus, teiden ja siltojen turvallisuus ja kantavuus sekä lavetin tai kuljetusyhdistelmän sopivuus kyseiselle kuljetukselle. Lisäksi kerrotaan, että luvan saamiseen menee Ruotsissa yleensä kolme työpäivää, mutta erityisen painaville tai yli 450 cm leveille kuljetuksille voi mennä joskus

pidempäänkin. Kuljetusmitoilla on myös vaikutusta kuljetuksen aikatauluihin, koska Ruotsissa esimerkiksi yli 350 cm leveä kuljetus ei saa ajaa pimeällä, huonolla säällä, ruuhka-aikaan tai viikonloppuisin. Alle 310 cm leveillä kuljetuksilla kuitenkin ei ole tällaisia rajoitteita.

Kaikki kuljetusliikkeet kertoivat, että rahtihintoihin vaikuttaa myös se seikka, että lavettikuljetukset eivät kulje ainoastaan maanteitä pitkin, vaan lavetteja laivataan usein esimerkiksi Ruotsiin ja Keski-Euroopan satamiin. Varsinkin iso ja ylimittainen lavetti vaatii laivasta paljon kaistatilaa, joka tietysti maksaa tavallista trailerikuljetusta enemmän. Kuljetusliike A kertoi lisäksi haastattelussa, että lavettien rahtihintoja nostaa myös se tosiasia, että lavettikuljetuksille voi olla haastavaa saada paluurahtia tai se noudetaan kauempaa, jolloin lavettia joudutaan kuljettamaan tyhjänä ainakin jonkin matkaa tai jopa kokonaan takaisin lähtöpaikkaan. Nämä tyhjän lavetin ajamisesta johtuvat kustannukset joudutaan kompensoimaan rahtihinnoissa.

Toisessa kysymyksessä selvitettiin, millaisella kalustolla muuntajien kuljetuksia hoidetaan maanteitse. Kuljetusliike A kertoi yleisesti, että kaikki erikoiskuljetuskalusto soveltuu muuntajien kuljetuksiin, kunhan kiinnitykset voidaan tehdä laillisesti sekä kokonaiskorkeus (lavetti ja muuntaja) ja painorajat otetaan huomioon. Haastattelussa kuljetusliike A erittelee käyttävänsä pienille kotimaan muuntajille kolmen akselin jatkettavaa lavettia tai neljän akselin pokkalavettia. Hieman isommille muuntajille käytetään erilaisia kehtolavetteja ja isoimmille kehdollista moduulilavettia. Kuljetusliike A liitti kyselyn vastauksiin mukaan myös tarkemmat tiedot omasta kalustostaan. Kuljetusliike B kertoi käyttävänsä yleensä kehtolavettia paikasta ja muuntajan korkeudesta riippuen. Kuljetusliike C kertoi käyttävänsä pokattua puoliperävaunua (ns. pokkakärri) kevyille ja keskiraskaille muuntajille, jos se on korkeuden puolesta mahdollista. Korkeita muuntajia kuljetetaan matalammilla kehtolaveteilla. Kuljetusliike C:n edustajat kertoivat myös hankkineensa uuden palkistokehtolavetin, joka mahdollista hieman korkeammat muuntajien kuljetukset. Samanlaista kalustoa on käytössä myös kuljetusliike B:llä, joka kertoi, että palkistokehtolavetti on pitkälle erikoistunutta kuljetuskalustoa, jolloin myös sen hinta on jonkin verran korkeampi. Palkistokehtolavetti pitää kuljetusta varten ”rakentaa”

käyttökuntoon, jos palkistoa ei ole käytetty aikaisemmassa kuljetuksessa. Palkiston rakentamiseen kuluu aikaa, jolloin se jo yksistään voi nostaa kuljetuksen hintaa hieman. Kaikkein isoimmat ja painavimmat muuntajat kuljetetaan moduulilaveteilla, joihin voidaan tarpeen mukaan lisätä akseleita jakamaan painoa. Kuljetuksissa pitää myös huomioida kaluston oma paino, joka on tietysti sitä korkeampi mitä järeämpi kalusto on kyseessä.

Etenkin Pohjoismaiden toimituksissa kuljetusliikkeelle voi usein kuulua myös muuntajan purku lavetilta asennuspaikalle, eli muuntajapedille. Tämän takia kuljetusliike C myös huomautti, että kaluston valinnassa pitää ottaa huomioon muuntajan mittojen lisäksi myös muuntajan pedin korkeus. Haastattelussa selvennettiin asennuspaikoilta otettujen kuvien avulla, miten muuntaja haalataan lavetilta pedille. Lavetti pitää saada samalle korkeudelle pedin kanssa, koska haalaus tapahtuu kiskoja pitkin ja aina vaakasuoraan. Jos kiskot olisivat kallellaan, muuntaja voisi päästä liikkumaan kiskoilla väärään suuntaan ja pahimmassa tapauksessa jopa pudota. Kuljetusliike C kuitenkin kertoo, että lavetteja voidaan jonkin verran nostaa tai laskea lavetin oman hydrauliiikan avulla, jolloin haalaus onnistuu helposti. Kuljetusliike B myös kertoi, että joskus ainoa reitti asennuspaikalle voi kulkea esimerkiksi asutusalueen tai kaupungin keskustan läpi, joka asettaa kuljetukselle omat haasteensa. Kuljetusliike B kertoi esimerkkinä, että eräs muuntajatoimitus Ruotsiin kulki vauraan asuinalueen läpi ja tien vierellä kasvoi jalopuita, joiden oksat roikkuivat tien päällä. Oksia ei ollut lupa katkaista, joten niitä jouduttiin nostamaan yksitellen liinoilla, jotta muuntaja pääsi kulkemaan niiden alitse. Tämän tyyppisten tilanteiden takia reittiselvitys on oleellisen tärkeä vaihe muuntajatoimituksen suunnittelussa. Reittiselvityksestä aiheutuu jonkin verran kuluja, mutta ne ovat pieniä siihen verrattuna että yllättäviltä ongelmilta vältytään.

Kolmannessa kysymyksessä kartoitettiin muuntajatoimituksissa käytettävien lavettityyppien mitta- ja painorajoja sekä muita muuntajan kuljetettavuuteen vaikuttavia seikkoja. Kolmas kysymys koostui kuudesta alakysymyksestä, joista ensimmäisessä kartoitettiin lavettien mitta- ja painorajoja normaalina erikoiskuljetuksena. Kuljetusliike A vastasi, että pääsääntöisesti alle 300 cm korkeat ja alle 20 000 kg painoiset muuntajat

menevät vielä normaaleihin mittoihin. Kuljetusliike C eritteli pokkakärryn kuormatilan pituudeksi 9 – 12 m, leveydeksi 2,5 – 2,8 m ja kantavuudeksi 30 – 90 t. Kehtolavetilla kuormatila on 7 – 9 m, leveys 2,7 – 3,0 m ja kantavuus 55 – 100 t. Moduulilavetilla kuormatilan pituus on 15 – 25 m, leveys 2,7 – 3,0 m ja kantavuus 70 – 250 t. Kantavuudet riippuvat aina lavetin akselimääristä.

Kolmannessa kysymyksessä haluttiin myös kartoittaa, mitkä ovat kuljetettavan muuntajan kriittiset mitta- ja painorajat, joiden jälkeen rahtihinta nousee huomattavasti ja sen lisäksi myös suurimmat mahdolliset mitta- ja painorajat. Näihin kysymyksiin kuljetusliikkeet A ja B eivät halunneet tyhjentävästi vastata, vaan he viittasivat eri maiden rajoituksiin ja reitteihin. Kuljetusliike A:n lähettämissä liitteissä on kuitenkin mainittu, että kuljetuskustannusten kannalta kriittisiä rajoja ovat korkeudessa 350 - 400 cm ja painossa 30 - 40 tonnia. Kuljetusliike C eritteli tarkemmin painon vaikutusta rahtihintoihin. Muuntajan painolle arvioitiin rahtihintarajoja, joista halvimmat kustannukset ovat yleensä 20 – 50 t painoilla ja kalleimmat 100 – 130 t painoilla.

Kuljetusliike C myös esitti, että varsinkin isomman kokoluokan muuntajissa olisi järkevää harkita muuntajan kuljettamista ilman öljyä, koska sen avulla kuljetuspainoa voidaan laskea jopa n. 20 t, koska se voi olla ratkaiseva tekijä kuljetuskustannusten kannalta. Samoin kuljetusliike B ehdotti öljyn poistamista ainakin Norjaan kuljetettavien isojen muuntajien osalta, koska Norjassa suuri kuljetuspaino voi paikasta riippuen olla jopa esteenä kuljettamiselle. Kuljetusliike B oli samoilla linjoilla kuljetusliike C:n kanssa siinä, että varsinkin Norjan kuljetuksissa suuri kuljetuspaino lisää huomattavasti lopullista rahtihintaa.

Kaikki kuljetusliikkeet painottivat, että etenkin muuntajien tapauksessa kuljetuskorkeus on yleensä suuri haaste kuljetuksen toteuttamiselle. Kuljetusliike B:n mukaan kuljetuksen kokonaiskorkeus saisi olla Suomessa n. 700 cm, Ruotsissa ja Norjassa 450 cm ja Euroopassa (esim. Saksa) n. 415 cm. Kuljetusliike C määritteli samansuuntaisesti kriittisiksi arvoiksi muuntajan leveyden osalta 350 cm ja kokonaiskorkeudeksi Suomessa 500 cm, Ruotsissa ja Norjassa 450 cm sekä Euroopassa 430 cm. Suurimmat mahdolliset mitta- ja painorajat riippuvat C:n mukaan aina määränpäästä ja

käytettävästä kalustosta, mutta pääsääntöisesti muuntajan korkeus 440cm ja paino 150 t ovat maksimimittoja.

Yksi tärkeä huomioitava asia muuntajien kuljetuksissa on kaluston oma korkeus, koska muuntajan ja lavetin yhteenlaskettu korkeus määrittää aina kuljetuksen kokonaiskorkeuden. Kaluston korkeuden osalta kuljetusliike A viittasi lähettämäänsä lisämateriaaliin, jossa kaluston tiedot oli koottu yhteen (25 – 160 cm) ja kuljetusliike B vastasi kehtolavettien olevan 50 – 60 cm korkeita ja tasovaunujen 90 - 120 cm. Kuljetusliike C kertoi kaluston korkeuden olevan 10 - 120 cm riippuen lavettityypistä. Kuljetusliikkeen edustajat selvensivät myös palkistolavetin rakennetta pienoismallin avulla. Palkistokehdossa muuntajalle voidaan saavuttaa ainoastaan 10 cm lastauskorkeus, jos muuntaja voidaan lastata palkkien välissä olevien levyjen päälle. Palkin korkeus on n. 40 cm, joten muuntajassa ei saisi olla ylimääräisiä komponentteja 40 cm alaosasta katsoen. Joskus esimerkiksi apujohtokaappi tai siitä lähtevät johdotukset ovat olleet esteenä palkistolavetin hyödyntämiselle. Myös kuljetusliike B käyttää palkistokehtolavettia aktiivisesti muuntajien kuljetuksissa ja hekin ovat törmänneet tähän ongelmaan. Toisena haasteena palkistokehtolavetin käyttämiselle on joskus ollut muuntajan liian pieni leveys, jolloin palkkien väliin pitää asettaa ennen muuntajaa erityinen teräslevy, joka puolestaan nostaa kuljetuskorkeutta hieman.

Kuljetuskalustosta haluttiin selvittää myös erilaisten lavettien rahtihintojen suhteita ja saatavuutta. Hintojen viitattiin olevan aina tapauskohtaisia ja kaikilla vastaajilla kalustoa on yleensä hyvin saatavilla. Kuljetusliike C eritteli, että pökkäkärryjä on aina saatavilla, kehtokärryjä useimmiten ja moduulilavettien tarve pitäisi tietää hyvissä ajoin, koska niitä on hieman huonommin saatavilla. Kuljetusliike C kertoi haastattelussa, että pääsääntöisesti mitä matalampi lastauskorkeus lavetilla on, sen kalliimpi on myös lavetin kuljetuskustannus. Halvin kuljetushinta on yleensä 60cm korkealla pökkalavetilla (muuntajan korkeus enintään 350 cm), seuraava raja on normaali kehtolavetti, jonka hinta on n. 15 % enemmän (muuntaja enintään 380 cm) ja kaikkein kallein muoto on palkistokehtolavetti, joka voi olla jopa n. 35 % kalliimpi (muuntajan korkeus enintään 440 cm). Kuljetusliikkeet B ja C määrittivät, että muuntajan ylittäessä 440 cm korkeuden kuljetukset vaikeutuvat yleensä huomattavasti.

Kuljetusliike B lisäsi, että kuitenkin tietyillä reiteillä etenkin suurten satamien läheisyydessä niidenkin kuljetukset voivat onnistua sujuvasti.

Kyselyn neljännessä kysymyksessä oli tarkoitus selvittää, millaisia vaikutuksia eri kohdemailla tai alueilla on kuljetuksiin, mutta kuljetusliikkeiden A ja B vastauksista ei suoraan selvinnyt niiden välillä olevan mitään eroavaisuuksia. Kuljetusliikkeet A ja B sivusivat kuitenkin jo kolmannen kysymyksen vastauksessaan eri kohdemaita. Vastausten perusteella Keski-Euroopassa huomiota pitää kiinnittää etenkin korkeuteen, koska yli 4 metriä korkeita muuntajia on siellä haasteellista kuljettaa siltojen ja tunneleiden takia. Lisäksi muuntajan suuri kuljetuspaino voi muodostua jopa esteeksi kuljettamiselle. Kuljetusliike A antoi esimerkin, jonka mukaan 100 tonnin painoinen muuntaja ei välttämättä saa enää kuljetuslupaa maanteitse Keski-Euroopassa, vaan se voidaan ohjata vesireiteille tai rautateille, jolloin kuljetuskustannukset yleensä kasvavat huomattavasti.

Myös Norjassa kuljetuspaino voi olla määränpäästä riippuen jopa este lavettikuljetukselle, koska pienemmillä teillä kuljetuksen kokonaispaino, eli muuntajan ja lavetin yhteenlaskettu paino, saa olla ainoastaan 50 000 kg. Kuljetusliike C kertoi lisäksi, että Norjassa on paljon matalia siltoja, tunneleita ja pieniä mutkaisia teitä sekä haastavat talviolosuhteet, joten kuljetuksen painolle, korkeudelle ja yhdistelmän pituudelle voi olla määränpäästä riippuen tiukkojakin rajoituksia. Kuljetusliike B määritteli, että Norjassa ja Ruotsissa kokonaiskorkeus saisi olla 4,5 metriä. Kuljetusliike C lisäsi, että Ruotsissa yli 310 cm leveät kuljetukset vaativat aina varoitusauton ja että Ruotsissa on Suomea tiukemmat siltasäännöt kuljetuksen painon suhteen. Kuljetusliike B:n mukaan Norjassa yli 350cm leveät kuljetukset voivat myös olla haasteellisia.

Kaikki kuljetusliikkeet totesivat haastatteluiden aikana yleistäen, että Suomessa tieverkosto on suunniteltu hyvin vastaamaan erikoiskuljetusten vaatimuksia, ja etenkin reitit pääsatamiin ovat hyvässä kunnossa, jolloin vasta n. 150 tonnin ylittävä paino voi muodostua haasteelliseksi maanteilla. Myös korkeuden ja leveyden puolesta jopa 7 m mittainen kappale on vielä kohtuullisen helppoa kuljettaa Suomen pääteillä, mutta pienemmillä teillä tilanne on katsottava aina tapauskohtaisesti. Kuljetusliike C lisäsi, että Suomessa lavettivalinnalla ei ole tämän takia niin suurta väliä, vaan tärkeintä on

valita lavetti sen mukaan, että muuntaja voidaan järkevästi purkaa lavetilta ja haalata muuntajapedille.

Kyselyn viidennessä kysymyksessä selvitettiin, miten kuljetusmitat vaikuttavat kuljetusluvan tai saaton määräytymiseen ja kuudennessa kysymyksessä selvitettiin reittivalintaa. Erikoiskuljetukset vaativat yleensä aina erikoiskuljetusluvan, jonka paikallinen viranomainen myöntää. Luvan saamiseen menee pohjoismaissa kuljetusliike A:n lähettämän liitteen mukaan 1-7 päivää, kun taas Saksassa, Alankomaissa ja Iso-Britanniassa voi mennä 1-2 viikkoa. Venäjällä luvan saamiseen voi mennä 2-8 viikkoa. Erikoiskuljetusluvassa on tarkasti määriteltä, millä reitillä lavetti saa ajaa ja lisäksi ne paikat, joissa vaaditaan varoitusautoja tai viranomaisten valvontaa. Kuljetusliike C antaa esimerkkejä, joissa varoitusautoja on määrätty esimerkiksi reitille, jossa on ajettava vastoin liikennesääntöjä tai korkean painon takia muu liikenne on pysäytettävä kun muuntajakuljetus ylittää sillan.

Kaikki kuljetusliikkeet kertoivat, että kuljetusliike tekee lupa-anomuksessaan esityksen kuljetusreitistä, mutta viranomaiset aina lopulta päättävät, mille reitille lupa myönnetään ja minkälaisilla ehdoilla. Kuljetusliikkeet kertoivat, että lopulliseen reittiin vaikuttavat esimerkiksi siltojen kestävyys, tunneleiden koko, maanteiden kantavuus ja lavetin akselipainot. Kuljetusliike C kertoo, että Ruotsissa leveyden ylittäessä 310 cm vaaditaan varning-saatto ja yli 450 cm leveille tai tapauskohtaisesti jo 40 t painoisille muuntajille vaaditaan kalliimpi viranomaisten suorittama VTL-saatto. Yhden varoitusauton kulut ovat n. 500 € / päivä ja varoitusautoja voidaan vaatia useita. Kuljetusluvat itsessään sekä luvan vaatimat saatot ja muut valvonnat aiheuttavat viranomaiskuluja, jotka tulevat kuljetusehtojen mukaan lähettäjän maksettaviksi.

Seitsemännessä kysymyksessä haluttiin selvittää, miten laivat vaikuttavat lavettikuljetuksiin. Kaikki kuljetusliikkeet vastasivat, että laivalinjan yhteys sekä laivan ja kaluston tyypit vaikuttavat lavettikuljetusten suunnitteluun. Lisäksi huomautetaan, että laivojen rampit ovat yksi reittivalintaan suuresti vaikuttava tekijä, koska lavetin on ajettava muuntajan kanssa RO-RO-laivan ruumaan rampin kautta. Rampin kantavuus ja oven korkeus vaihtelevat jonkin verran eri laivoissa. Lisäksi laivan sisäkannen korkeus voi rajoittaa kuljetuksen kokonaiskorkeutta. Kuljetusliike B lisää, että satamissa

rahtikuljetukset ajavat ruumaa kohti matkustajarampin alta, joten myös sen korkeus voi rajoittaa kuljetuksen kokonaiskorkeutta. Esimerkiksi Ruotsin liikenteessä muuntajan maksimikorkeus on Naantali-Kapellskär-reitin laivan rampin takia n. 380cm ja paino n. 70 t. Vaasasta Uumajaan liikennöivässä laivassa rampin korkeus on 443 cm ja rampin kautta voidaan ajaa n. 50 - 80 t painoinen muuntaja. Kuljetusliike B kuitenkin kertoo, että Vaasasta liikennöivässä laivassa on ainoastaan yksi ”väylä”, josta voidaan ajaa korkeampia muuntajia silloin kun muuntajan korkein kohta on esimerkiksi kapealla alalla olevat läpiviennit. Muutoin rampin korkeus on 435 cm. Muuntajia kuljetetaan useimmin näillä kahdella reitillä. Kuljetusliike B huomautti haastattelussa, että Vaasan ja Naantalin laivoissa on erilaiset rampit; Vaasan ramppi on pultattu ja Naantalin ramppi on ns. kelluva. Naantalista laivattaessa kuljetusliikkeen on otettava tämän takia huomioon myös merenpinnan korkeus, koska suorasta rampista voidaan ajaa hieman korkeammalla kuormalla kuin vinosta rampista. Kuljetusliike B myös kertoi, että Viking Linen ja Silja Linen aluksilla rampin korkeus on n. 450 - 455 cm, jolloin muuntajan korkeus saisi olla n. 390 cm.

Jos muuntajan ja lavetin muodostama kokonaiskorkeus on liian suuri mihinkään Suomesta operoivaan laivaan, pitää kuljetukselle etsiä muita reittejä. Korkeammalle muuntajalle pitää hankkia esimerkiksi oma charter-laiva, jonka kustannukset ovat huomattavasti linjaliikenteessä kulkevaa laivaa suuremmat. Toinen vaihtoehto on kuljetusreitti maitse Tornion kautta, mutta se lisää kuljetusaikaa ja myös rahtihintaa, varsinkin jos määränpää on Etelä- tai Keski-Ruotsissa. Kuljetusliike A kertoo, että laivayhteyksiä on melko hyvin alle 100 t painoisille muuntajille ja alle 8 m kokonaiskorkeudelle esimerkiksi Helsingistä ja Hangosta Paldiskiin, Travemundeen, Gdyniaan ja Antwerpeniin. Kuljetusliike C lisää, että muuntaja voidaan myös siirtokuormata mafille laivamatkan ajaksi, jolloin lavettia ei tarvitse laivata muuntajan mukana. Kuljetusliike A ja C kuitenkin huomauttavat haastattelussa, että varustamot voivat myös vaihdella eri reiteillä operoivia laivojaan joskus jopa vuosittain, joten tarkkoja ja pitäviä tietoja on mahdotonta saada.

Kyselyn viimeisessä kysymyksessä haluttiin selvittää, miten reittivalinta vaikuttaa kuljetuskustannuksiin. Kuljetusliike C kertoi, että Ruotsin ja Norjan liikenteessä on



yleensä kolme reittivaihtoehtoa: Haaparannan kautta ajamalla, Vaasa – Uumaja laivalla tai Naantali/Turku – Kapellskär/Tukholma laivalla. Kalleinta kuljettaminen on yleensä Haaparannan kautta, mutta sitä reittiä käytetään ainoastaan siinä tapauksessa, että kuljettaminen laivalla ei onnistu. Kuljetusliike B kertoi, että reittivalinta kyllä vaikuttaa kustannuksiin, ja lyhintä mahdollista reittiä käytetään mahdollisuuksien mukaan, mutta reittiin ei aina voi kuljetuslupien rajoitusten takia vaikuttaa. Kuljetusliike A kertoi, että matkan pituus ei aina välttämättä sanele rahtihintaa, vaan antaa esimerkin, jossa ulkomaan kuljetuksissa edes 100 km lisämatka ei juuri vaikuta kokonaishintaan.

Kuljetusliike A painotti, että reittiä suurempi vaikutus kuljetuskustannuksiin on aina muuntajan kuljetusmitoilla ja painolla. Kaikki kuljetusliikkeet ehdottivat, että muuntajan maksimikorkeus saisi aina olla pääsääntöisesti enintään 400 cm ja kuljetus mahdollisuuksien mukaan ilman öljyä, jolloin muuntajan kuljetuspaino on kevyempi. Lisäksi mainitaan, että kuljetusta suunniteltaessa pitäisi mahdollisimman aikaisin ottaa huomioon myös kuljetuksen ajankohta, koska esimerkiksi rospuutto, eli kelirikko, ja jokien jäätilanne vaikuttavat omalta osaltaan kuljetusten järjestämiseen.

## **7.2. Merikuljetukset**

Merikuljetusten osalta valittiin kaksi huolintaliikettä vastaamaan kyselyyn ja haastatteluihin. Molemmat huolintaliikkeet ovat aktiivisesti mukana projektiluonteisissa laivauksissa, joihin myös ABB Oy Transformersin isompien muuntajien laivaukset voidaan laskea. Jatkossa näihin huolintaliikkeisiin viitataan kirjaimilla D ja E. Huolintaliike D:n haastattelu tehtiin puhelimitse 4.3.2014 ja tarkentava haastattelu 19.3.2014. Huolintaliike E pyysi haastattelukysymykset kiireiden takia sähköpostiin ja niihin saatiin vastaukset 4.3.2014.

Kyselyn ensimmäisessä kysymyksessä selvitettiin, miten muuntajan kuljetusmitat ja paino vaikuttavat yleisesti ottaen rahtihintaan merikuljetuksissa. Molemmat vastaajat olivat samoilla linjoilla todetessaan loogisesti, että mitä suurempi muuntaja on, sitä suuremmat ovat myös rahtikustannukset. Muuntajan painon ja/tai kuljetusmittojen

kasvaessa pitää siirtyä aina isompaan ja kalliimpaan kuljetuskalustoon, joka tietenkin näkyy rahtihinnassa.

Toisessa ja kolmannessa kysymyksessä pyrittiin kartoittamaan millaisia laivoja ja kuljetusyksiköitä muuntajien laivauksissa käytetään ja neljännessä kysymyksessä selvitettiin näiden rahtihintojen keskinäisiä suhteita. Molemmat vastaajat kertoivat, että laivatyyppienä käytetään yleensä kontti-, RO-RO- ja charter-laivoja, joissa rahtia kuljetetaan standardi- ja erikoiskonteilla, Roll Trailerilla, Mafeilla tai ns. kaseteilla. Toinen huolintaliike totesi lisäksi, että muuntajia voidaan laivata myös irtolastina, eli Break Bulkina joko linjaliikenteessä tai charter-aluksella. Linjaliikenteessä Break Bulk laivaus toteutetaan yleensä useammalla Flat Rackilla, joista rakennetaan erityinen peti kuljetettavalle kappaleelle. Kuljetushinnat ovat yleensä halvimpia konttilaivoilla (standardikontit, Open Topit ja Flat Rackit), seuraavassa hintaluokassa ovat RO-RO-laivat (Mafit) ja kalleimpia charter-alukset (Break Bulk). Molemmat huolintaliikkeen painottavat erityisesti, että esitetyt hintojen suhteet ovat aina tapauskohtaisia, koska määränpää, matkan pituus, kollien koko ja määrä vaikuttavat kuitenkin siihen, mikä on lopulta järkevin ja halvin merikuljetuksen muoto. Huolintaliikkeen tehtävänä on tutkia mahdollisia laivausten vaihtoehtoja ja valita kullekin muuntajatoimitukselle paras kuljetusratkaisu.

Merikuljetusten halvin muoto on siis yleensä standardimittainen merikontti, jossa merirahdin hinta pysyy kiinteänä riippumatta siitä, montako muuntajaa konttiin lastataan. Huolintaliike D huomautti, että kontin mittojen lisäksi pitää muistaa myös huomioida tavarat turvallinen lastaaminen ja kiinnittäminen kontin sisään. Haastatteluiden aikana tultiin siihen tulokseen, että kaluston mitoista tehtävät vähennykset sidontatiloiksi ovat pituudesta 20 cm, leveydestä 14 cm ja korkeudesta 10 cm. Molemmat huolintaliikkeen muistuttivat, että konttien lastauksessa pitää myös kiinnittää huomiota muuntajan pituuden ja painon suhteeseen, koska liian suuri pistepaino voi jopa rikkoa kontin lattiaa. Konteissa on kiinnityksiä varten erityiset sidontalenkit, jotka kestävät ainoastaan n. 1000 kg vedon, joten konttiin ei voida lastata enempää painoa kuin mitä siihen voidaan turvallisesti kiinnittää. Konteissa kuljetettavia muuntajia laivataan pääasiassa Raumalta ja Helsingistä, mutta muitakin vaihtoehtoja on

tilanteen mukaan. Kontteja voidaan laivata periaatteessa jokaisesta satamasta, josta on linjaliikennettä konttilaivoilla.

Viidennessä kyselyn kysymyksessä haluttiin kartoittaa muuntajan normaaleja, kriittisiä ja suurimpia mahdollisia mitta- ja painorajoja eri kuljetusyksiköissä. Alla olevassa Taulukko 2.:ssa on esitetty standardikonttien (DC) ja hieman korkeampien standardikonttien (HC) sisämitat ja oven suuaukon mitat. Mittatiedot on koottu erään varustamon esitteestä, jonka huolintaliike E liitti mukaan kyselyn vastauksiin. Konttien mitat voivat kuitenkin vaihdella muutamia senttimetrejä varustamosta ja konttisarjoista riippuen, joten taulukossa esitetyt mittarajat ovat ainoastaan suuntaa antavia. Maksimipainoa tarkasteltaessa tulee muistaa, että konttiin voidaan lastata täyden maksimipainon verran tavaraa ainoastaan siinä tilanteessa, että paino on jakautunut tasaisesti koko kontin lattian alalle. Muuntajien tapauksessa pistepaino on yleensä suuri, joten konttiin ei yleensä kuitenkaan voida lastata taulukon osoittaman maksimipainon kokoista muuntajaa. Huolintaliike D antoi karkean arvion, jonka mukaan muuntajan maksimipaino standardikontissa olisi ainoastaan n. 10 000 kg.

**Taulukko 2.** Standardikontit.

Kontin koko	Kontin oven koko (cm)		Kontin sisämitat (cm)			Lastattava maksimipaino (kg)
	Leveys	Korkeus	Pituus	Leveys	Korkeus	
20 DC	234	227	590	235	239	28200
40 DC	234	227	1200	235	239	28800
40 HC	234	258	1200	235	270	28620
45 HC	234	259	1360	235	270	27600

Standardikonteista seuraavaan hintaluokkaan kuuluvat myös konttilaivoilla laivattavat Open Topit, joihin voidaan lastata standardikonttia korkeampia muuntajia. Open Top luokitellaan erikoiskalustoksi, ja vastaaja D huomauttaakin, että niitä voi olla rajallisesti saatavilla Suomessa. Jos Open Topiin lastatun muuntajan korkeus ylittää normaalin

kontin korkeuden, siitä tulee ylimittainen (Out of Gauge, OOG). Kuudennessa kysymyksessä selvitettiin, miten ylimittaisuus vaikuttaa kuljetuskustannuksiin. Molemmat huolintaliikkeet vastasivat, että varustamon pitää kompensoida OOG-laivauksissa menetetyt TEU:t, eli laivaan jäävän tyhjän tilan, johon ei voida lastata muita kontteja. Esimerkiksi ylikorkeasta 40' Open Topista lasketaan 2 kpl menetettyjä TEU:ta, koska kyseisen kontin päälle ei voida lastata toista konttia. Huolintaliike D kuitenkin huomauttaa, että varustamot lastaavat Open Topin laivaan usein ”pinon päällimmäiseksi”, jolloin todellisuudessa Open Top ei aina vie tilaa muilta konteilta.

Alla olevassa taulukossa 3. on esitetty Open Top konttien mitta- ja painotiedot. Open Topissa kontin oven koko ei rajoita lastattavan kappaleen korkeutta, jos kontin ovesta on nostettava yläpalkki tai jos kappale lastataan katon kautta. Vaikka kontin sisäkorkeus on 229 cm, siihen voidaan lastata 234 cm korkea muuntaja ilman ylikorkeutta. Suurin sallittu korkeus Open Topissa on n. 420 cm, mutta huolintaliike D:n mukaan niin korkeaa muuntajaa ei ole järkevää lastata OT:iin, koska kuorma ei ole silloin vakaa. Järkevä muuntajan enimmäiskorkeus OT:ssa olisi hänen mielestään n. 350 cm. Muuntajien laivauksissa muuntaja vaaditaan aina laivattavan kannen alla ja huolintaliike D:n mukaan tämä vaatimus ei juuri vaikuta rahtihintoihin. Tämä johtuu siitä, että varustamot eivät yleensä tiedä vielä hintoja määrittäessään mihin kohtaan laivaa yksittäinen kuljetusyksikkö lastataan.

**Taulukko 3.** Open Top-kontit.

Kontin koko	Kontin oven koko (cm)		Kontin sisämitat (cm)			Kattoluukun koko (cm)		Lastattava maksimi-paino (kg)
	Leveys	Korkeus	Pituus	Leveys	Korkeus	Pituus	Leveys	
20 OT	229	225	590	235	229	549	222	2800
40 OT	229	225	1200	234	229	1180	222	28700

Jos muuntaja ei esimerkiksi leveytensä puolesta mahdu Open Topiin, se voidaan laivata Flat Rackillä. Muuntaja voi ylittää Flat Rackin reunat tai standardikorkeuden, jolloin siitä tulee ylimittainen. Rahtihinta riippuu siitä, onko laivaus ylimittainen leveyden,

korkeuden tai molempien osalta. Muuntajat ovat yleensä kokoonsa nähden melko lyhyitä, joten pituuden suhteen ylimittaisia muuntajien laivauksia ei käytännössä ole. Koska Flat Rack voi periaatteessa olla ylimittainen joka suunnasta, kompensoitavia TEU:ta voi tulla jopa 10–12. Open Topien ja Flat Rackien kokonaishintaan vaikuttavat myös lastauskulut, jotka voivat olla huolintaliike D:n mukaan jopa nelinkertaisia standardikontteihin verrattuna. Erikoiskaluston lastaaminen on standardikontteja kalliimpaa, koska se vaatii huomattavasti enemmän aikaa, kalustoa ja materiaaleja. Suomen satamista Rauma ja Helsinki soveltuvat parhaiten Open Topien ja Flat Rackien laivaamiseen, koska niissä on yleensä oikeanlaista kalustoa ja sopivat yhteydet muihin satamiin jatkolaivausten kannalta.

Taulukossa 4. on esitetty Flat Rackien normaalimitat, joita isommat muuntajat käsitetään ylimittaisiksi. Eri varustamoilla on omat tapansa määrittää Flat Rackille lastattavan kappaleen suurimmat mitat, mutta pääsääntöisesti leveys voi olla enintään 444 cm ja korkeus 400 cm. Huolintaliike E kuitenkin toteaa, että tavaran muoto ja käsiteltävyys voivat vaikuttaa asiaan. Kuljetuspiirustuksen perusteella voidaan joskus saada varustamolta lupa lastata myös isompia muuntajia, kunhan laivausreitillä olevien satamien kapasiteetti riittää käsittelemään kuljetusyksikköä. Huolintaliike E antoi lisäksi esimerkin, jonka mukaan jopa 580 cm leveän kollin laivaaminen Flat Rackilla voi olla mahdollista, mutta ainoastaan erikoistapauksessa.

**Taulukko 4.** Flat Rack-alustat.

Kontin koko	Kontin sisämitat (cm)			Maksimimitat		Lastattava maksimipaino (kg)
	Pituus	Leveys	Korkeus	Leveys	Korkeus	
40 FR	1220	244	194	500	450	34 500
40 HC FR	1220	244	226	500	450	47 200

Muuntajat, joiden paino ylittää Flat Rackin kantokyvyn, voidaan laivata RO-RO-laivalla lauttavaunulla, eli Mafilla tai pyörättömällä ”kasetilla”. Kasetteja on yleensä samoilla mitoilla kuin mafeja, mutta kasetin siirtämiseen laivaan tarvitaan erillinen nostin. Mafin

hinnoittelu perustuu kuljetusyksikön koon lisäksi v/m-ehtoon, eli joko muuntajan painoon tai tilavuuteen sen mukaan kumpi on isompi. Mafeja on konttien tapaan 20- ja 40-jalan mittaisina, mutta joillakin varustamoilla on myös isompia yksiköitä. Mafin oma korkeus on n. 73 – 80 cm mallista riippuen ja sen kantokyky voi olla jopa 100 t, mutta kuljetettavan kappaleen painon on silloin jakauduttava tasaisesti koko kuljetusyksikön pituudelle. Huolintaliike D huomautti erityisesti, että muuntajien suuren pistepainon takia mafin kantavuutta on melkein mahdotonta hyödyntää kokonaan, mutta huolintaliike E lisäsi, että muuntajan painoa voidaan kuitenkin jonkin verran jakaa lastausmateriaalien avulla.

Muuntajan kuljetusmittoja mafilla laivattaessa rajoittavat lähinnä Suomesta liikennöivien RO-RO-laivojen lastiluukun korkeus ja Feeder-laivan rampin kantokyky. Suuremmissa Euroopan satamissa on yleensä kestävämmät rampit ja parempaa kalustoa suurten tuotteiden käsittelyyn, mutta etukuljetus alkaa kuitenkin aina Suomesta, joten muuntajan kuljetettavuutta pitäisi miettiä näistä lähtökohdista. Pääsääntöisesti n. 400 cm korkean muuntajan laivaaminen mafilla pitäisi onnistua, mutta sitä korkeammat pitää tarkistaa tapauskohtaisesti. Suomen satamista säännöllistä RO-RO liikennettä on Helsingistä, Kotkasta, Hangosta, Turusta, Oulusta ja Raumalta, mutta pääsatamia muuntajien laivauksissa ovat Turku ja Helsinki.

Molemmat huolintaliikkeet nostivat esiin yhtenä muuntajien kuljettamisen ongelmana RO-RO-laivoissa sen seikan, että varustamot vaihtelevat laivojaan jatkuvasti ja samaa reittiä voi myös operoida monta erilaista RO-RO laivaa. Tämän takia on mahdotonta määritellä tarkasti kriittisiä mittarajoja muuntajien kuljetusmittoille, mutta molemmat kuljetusliikkeet ovat sitä mieltä, että pääsääntöisesti muuntajan korkeus ei saisi ylittää 400 cm rajaa. Kuljetusliike E kuitenkin kertoi, että eräälle varustamolle olisi tulossa uusi laiva Kaukoidän liikenteeseen, jossa rampin korkeus olisi jopa 700 cm. Huolintaliike D huomautti lisäksi, että muuntajan tarvikkeet kannattaa laivata joko samalla mafilla itse muuntajan kanssa, tai erikseen konttilaivalla. Tämä johtuu siitä, että myös tarvikkeille sovelletaan samaa painoon tai tilavuuteen perustuvaa hinnoittelua kuin muuntajillekin.

Jos muuntaja on liian painava tai liian korkea mahtuakseen sisään RO-RO-laivan lastiluukusta, se pitää laivata charteraluksella, joka on yleensä kallein laivausten muoto varsinkin yksittäisille muuntajille. Charteraluksia on monentyyppisiä erilaista rahtia varten. Lyhyillä matkoilla esimerkiksi Itämeren alueella vaihtoehtona voi olla pieni Coaster ja pidemmällä matkoilla tai isommilla muuntajilla jopa Heavy Lifter. Charterlaivan hinnan määräytymiseen vaikuttavat monenlaiset tekijät ja hinnat ovat aina tapauskohtaisia. Perustana hinnoittelussa on RO-RO laivausten kaltainen v/m-hinnoittelu, mutta sen lisäksi lasketaan satamakäynnin kustannukset, joka riippuvat laivatyyppistä. Esimerkiksi suuren Heavy Lift laivan pelkkä satamakäynti voi maksaa n. 100 000 USD. Hinta on korkea, koska isoilla charterlaivoilla on yleensä vain vähän säännöllisiä yhteyksiä Suomeen ja ne voivat tulla lastaamaan kaukaakin. Charteralukset voivat lastata periaatteessa kaikissa satamissa, joissa uoman syväys ja sataman nostokapasiteetti ovat riittäviä. Yleisimmät satamat ovat Pori ja Rauma, mutta laivaus olisi periaatteessa mahdollista nykyään myös Vaasan satamasta. Sataman valintaan vaikuttaa välimatkan lisäksi esimerkiksi sataman nosturien nostokapasiteetti, johon Vaasassa on viime vuosina panostettu.

Laivalla kuljetettavan muuntajan lopulliseen rahtihintaan vaikuttaa moni muukin asia itse merirahdin lisäksi, ja näitä asioita kysyttiin kyselyn viimeisessä kysymyksessä. Huolintaliike E esimerkiksi huomauttaa, että etenkin isompien muuntajien kohdalla pitää erityisesti huomioida myös sisämaan kuljetukset ja käsittelyt satamassa. Lähtösataman valinnalla voi olla suurikin vaikutus kokonaiskustannuksiin, ja huolintaliikkeen pitää ottaa huomioon, että lähin satama ei aina automaattisesti olekaan kaikkein edullisin vaihtoehto. Muuntajien laivaukset eivät aina mene samalla kaavalla, ja molemmat tutkimukseen osallistuneet huolintaliikkeet painottivatkin sitä, että jokainen laivaus pitää aina miettiä tapauskohtaisesti. Toinen vastaajista antoi tilannetta hyvin kuvaavan esimerkin, jonka mukaan ”*Samankokoinen muuntaja voi olla edullisempaa kuljettaa esim. Yhdysvaltoihin mafilla, kun vastaavasti Kaukoitään paras vaihtoehto voi olla 40 FR ylimitoilla*”.

### 7.3. Rautatiekuljetukset

Rautatiekuljetuksia koskeva kysely lähetettiin ainoastaan yhdelle huolintaliikkeelle, jolla on käytössään myös omaa kuljetuskalustoa. Muuntajien rautatiekuljetuksia voidaan toteuttaa ainoastaan rajallisella määrällä erikoiskalustoa ja raideyhteydet sanelevat myös kuljetusreitit. Tämän takia tutkimuksen saturaatio, eli aineiston riittävyys junakuljetusten osalta on riittävä, vaikka kyseisestä kuljetusmuodosta tutkimusaineistoa kerättiin ainoastaan yhdeltä huolintaliikkeeltä. Rautatiekuljetuksia hoitavaan huolintaliikkeeseen viitataan jatkossa F-kirjaimella. Huolintaliike F:n teemahaastattelu suoritettiin ABB Oy Transformersin tiloissa 30.1.2014.

Rautatiekuljetuksia koskevan kyselyn ensimmäisessä kysymyksessä selvitettiin, millaisissa tapauksissa junakuljetus on maantiekuljetusta parempi kuljetusmuoto. Huolintaliike F:n mukaan junalla kuljetetaan muuntajia Venäjälle ja muihin CIS-maihin (Azerbaidzhan, Armenia, Valko-Venäjä, Kazakstan, Kirgisia, Moldova, Tadžikistan ja Uzbekistan) erityisesti silloin, kun matka on pitkä ja/tai muuntaja on iso. Haastattelussa täsmennettiin, että pitkällä matkalla tarkoitetaan yleensä Uralin takaisia kohteita, joihin kuljetusetaisyys on yli 3000 km ja isolla muuntajalla n. 100 t painoista tai yli 400 cm korkuista muuntajaa. Maantiekuljetus soveltuu yleensä paremmin pienille muuntajille Pietarin ja Moskovan alueelle.

Kuljetusmuotoa valittaessa maantie- ja rautatiekuljetusten väliltä pitää huomioida kuljetusreitti määräpaikkaan ja reitillä olevat rajoitteet. Esimerkiksi sillat voivat rajoittaa maantiekuljetusta niin, että junakuljetus voi olla jopa ainoa mahdollinen vaihtoehto. Toisaalta kiskoyhteys rajoittaa pitkälti sen, minne junalla voidaan ylittää kuljettaa rahtia. Huolintaliike painottaa erityisesti muuntajan kuljetusmittojen vaikutusta kuljetettavuuteen, koska muuntajan on mahduttava tunneliprofiiliin, jolloin kaikki mahdolliset ulokkeet, kuten läpiviennit, on poistettava varsinkin korkeissa ja painavissa lähetyksissä.

Kyselyn toisessa kysymyksessä kartoitettiin rautatiekuljetusten rahtihintojen määräytymistä. Junalla kuljetettavan muuntajan kuljetushinta muodostuu kilometreihin perustuvasta vetohinnasta, jonka paikallinen rautatieoperaattori määrää, ja myös



käytettävästä kalustosta. Näiden lisäksi kuljetettavan tuotteen HS-nimike, eli arvotariffi, vaikuttaa myös osaltaan rahtihinnan määräytymiseen. Arvotariffissa tulee huomioida, että se perustuu rautateiden omaan nimikkeistöön, eikä se välttämättä ole yhtenäinen yleisesti käytössä olevan tullikoodinimikkeistön kanssa. Muuntajille ja muille suurikokoisille ja arvokkaille tuotteille arvotariffi on kuljetusliikkeen mukaan melko korkea, mutta kokonaishintaan vaikuttavat enemmän käytettävä kalusto ja ylimittasteet.

Neljännessä kysymyksessä selvitettiin, millaisella kalustolla muuntajien kuljetuksia yleensä hoidetaan. Huolintaliikkeen mukaan muuntajakuljetukset ovat yleensä painavia ja/tai korkeita, jonka takia kalustona käytetään yleensä VOSK-vaunuja (syväkuormavaunu) tai VOFA-vaunuja (avovaunu), joista VOSK on yleensä hieman kalliimpi vaihtoehto. Viides kysymys koostui viidestä alakysymyksestä, joissa selvitettiin edellä mainittujen vaunutyypin mitta- ja painorajoja sekä rahtihintoja ja saatavuutta. VOFA-vaunun normaalimitat (IIG) ovat pituudelle 750 cm, leveydelle 300 - 320 cm ja korkeudelle 260 cm. Normaali painoraja on 60 tonnia. VOSK-vaunun normaalimitat ovat pituudelle 750 cm, leveydelle 300 cm ja korkeudelle 320 cm. Muuntajakuljetuksiin soveltuvat VOSK-vaunut ovat yleensä 120 t ja joskus myös 140 t painorajoilla, mutta erikoisvaunun kantavuus voi olla jopa 500 t. Tunneliprofiili rajoittaa kuljetuksen suurimpia sallittuja ulkomittoja (OOG) käytettävän vaunun mukaisesti.

Rautatiekuljetuksissa muuntajan ylittäessä normaalin kuormaulottuman rahtihintaan vaikuttaa ylimittaste. Mitä enemmän muuntaja ylittää kuormaulottuman, sitä suurempi ylimittaste yleensä on ja myös rahtihinta on sen mukainen. Huolintaliikkeen mukaan ylimittasteet 1 ja 2 eivät juuri vaikuta rahtihintaan, mutta asteessa 3 hinta nousee jonkin verran ja asteessa 4 tai enemmän hinnat nousevat jo huomattavasti. Ylimittaste voidaan laskea vaunun alaosasta, keskeltä tai päältä, ja ylimittasteita voi olla maksimissaan 6. Kuljetushinnat eri ylimittasteissa vaihtelevat kaluston ja määrän mukaan, joten tyhjentävästi ei voida sanoa, kuinka paljon kuljetushinta muuttuu eri ylimittasteiden välillä. Huolintaliike F kertoo kuitenkin esimerkin, jossa he olivat tutkineet asiakkaalleen rahtihintoja erilaisilla kappaleen leveyksillä. Kun kappaleen

ylimitta-aste leveydessä oli 2 (360 cm), niin rahtihinta oli 150 000 €, ylimitta-asteella 3 (380 cm) rahtihinta oli 320 000 € ja ylimitta-asteella 5 (401 cm) rahtihinta oli 802 000 €. Kunkin tutkittavan ylimitta-asteen leveyksissä oli eroa ainoastaan n. 20 cm, eli kun kappaleen leveys kasvoi 40 cm, niin rahtihinnan muutos oli 652 000 €. Toisessa esimerkissä Suomesta Kazakstaniin sekä Suomesta Ukrainaan suuntautuvissa kuljetuksissa ylimitta-asteiden 2 ja 3 hinnan ero oli n. 20 000 €.

Muuntajien junakuljetukset luokitellaan usein erikoiskuljetuksiksi, koska ne ylittävät kuormaulottuman ja ovat myös usein melko painavia. Aina kun junakuljetus menee ylimitta-asteille, se vaatii erityisen kuljetusluvan. Kuljetuksen suunnitteluun vaaditaan aina kuljetuskuva, koska pelkkien ulkomittojen mukaan ei voida tarkistaa kuljetuksen onnistumista rautateitse. Muuntajan kuljetuskuvasta lähetetään huolintaliikkeelle CAD-kuva, jonka perusteella VR piirtää lupa-anomukseen kuvan (LIITE 5.), jossa muuntaja on lastattu vaunuun, jolla se aiotaan kuljettaa. Lastaussuunnitelmassa tulee huomioida, että muuntaja pitää aina lastata vaunuun keskelle painopisteen mukaan fyysisen keskipisteen sijasta. Lupa-anomukseen sisällytetään kaikki tarvittavat laskelmat ja kiinnityssuunnitelmat, ja huolintaliike F huomauttaakin, että joskus tarvittavat kiinnitysmateriaalit voivat jonkin verran lisätä lopullisia kuljetusmittoja, joista ylimitta-aste lopullisesti lasketaan. Kun kuva on valmis, se lähetetään käsiteltäväksi Venäjän rautateiden (RZD) lupatoimistoon Moskovaan. Koko prosessi kuljetusluvan saamiseksi voi kestää huolintaliike F:n mukaan noin kuukauden. Huolintaliike voi anoa erikoiskuljetuskalustoa käyttöönsä vasta siinä vaiheessa, kun lupa-anomus on RZD:llä käsittelyssä. Huolintaliike kertoo, että käytännössä kuljetuslupa kuitenkin saadaan lopulta aina, kunhan kuljetus on toteutettavissa mittojen puolesta.

Viimeisessä kyselyn kysymyksessä haluttiin kartoittaa, millaisia reittejä itään suuntautuvissa junakuljetuksissa käytetään. Huolintaliike F kertoi, että rajanylityspaikkoja ovat Vainikkala/Buslowskaja ja Niirala/Vyartsilä. Vaasasta lähtevät erikoiskuljetukset käyttävät yleensä Niiralan rajanylityspaikkaa. Huolintaliike F summaa haastattelussa, että junakuljetukset vaativat yleensä huomattavan paljon alkuselvittelyä ja aikaa kuljetuksen järjestämiseksi. Lisäksi kuljetettavan muuntajan

mitat voivat olla kuljetushinnan kannalta todella kriittiset, ja pieneltäkin vaikuttava lisäys kuljetusmitoissa voi johtaa yllättävän isoon loppusummaan rahtihinnassa.

#### **7.4. Muuntajien suunnittelu**

Tutkimusta varten haluttiin saada selville, miten muuntajan kuljetusmitat määräytyvät ja mitkä seikat niihin vaikuttavat. Lisäksi oli tärkeää selvittää, minkälainen työkalu parhaiten vastaa suunnittelun vaatimuksia. Tietoa kerättiin teemahaastattelun avulla ABB Oy Transformersin tuotespecialistilta Pasi Talliselta, joka toimii sähkösuunnittelijana. Haastattelu tehtiin ABB Oy Transformersin tiloissa 7.3.2014. Teemahaastattelun teemat oli jaettu kolmeen osaan: tekniset seikat, suunnitteluprosessi ja toteutus. Haastattelurunkona käytettiin näitä kolmea teema-aluetta ja haastattelua varten oli valmisteltu muutamia kysymyksiä (LIITE 6.), joihin haluttiin saada vastaukset haastattelun kuluessa.

Ennen varsinaisen teemahaastattelun aloittamista selvennettiin, mihin ongelmaan tutkimuksella haetaan ratkaisua, jotta vastaaja osaa hahmottaa tutkimuksen tarkoituksen ja osaa kohdistaa vastauksensa oikein. Teemahaastattelun ensimmäinen teema koski muuntajien teknisiä seikkoja, joilla voi olla vaikutusta kuljetettavuuteen. Tallinen kertoo, että muuntajalta vaaditut tietyt sähköiset arvot voidaan saavuttaa monilla erilaisilla ratkaisuilla. Muuntajan aktiiviosa on tärkein muuntajan elementti, joka koostuu rautasydäimestä ja yleensä kuparisista käämityksistä. Rautasydämen koko määrittelee, kuinka paljon käämityksissä on kuparia, joten mitä isompi sydän on, sitä vähemmän kalliimpaa kuparia on käämityksissä. Toiseksi tärkein kriteeri on yleensä mahdollisimman pienet häviöt, mutta erikoismuuntajissa ei yleensä ole yhtä suuria vaatimuksia häviöiden suhteen kuin esimerkiksi tavallisemmissa jakelumuuntajissa. Joskus kriteereinä ovat myös tietyt vaaditut sähkötekniset ominaisuudet. Sähköisen suunnittelun tehtävänä on määrittää näiden muuttujien välinen optimi, jossa tärkeimpänä tekijänä on yleensä aina kustannusoptimi. Muuntajan suunnittelussa on otettava huomioon, että muuntajan on kestävä oikosulkuja, jäähdytyksen on oltava riittävä ja impedanssiarvojen asianmukaiset. Lisäksi muuntajan on täytettävä asiakkaalle

luvatut takuuarvot ja IEC:n (International Electrotechnical Commission) standardin määrittämät arvot.

Tallinen määrittelee, että muuntajan fyysinen koko on pääsääntöisesti aina suoraan verrannollinen sen tehoon. Poikkeuksena voivat olla ainoastaan tietyt vesijäähdytteiset muuntajat, joiden tehokkaamman jäähdytysjärjestelmän takia itse muuntajan kokoa ei tarvitse kasvattaa. Kuljetettavuuden kannalta tärkein tieto oli se, että muuntajan mittoja voidaan muokata tarvittaessa. Muuntajan korkeutta voidaan esimerkiksi madaltaa kasvattamalla pituutta tai leveyttä, koska sydänmateriaalin kokonaismäärä on ratkaiseva tekijä muuntajan toiminnassa. Tallinen kuitenkin muistuttaa, että mittojen muuttamisella vaikutetaan materiaaleista laskettuun kustannusoptimiin.

Muuntajien fyysiseen kokoon voidaan myös vaikuttaa erilaisilla teknisillä ratkaisuilla, jotka kuitenkin vaativat aina erityissuunnittelua. Yksi yleisesti käytetty keino vaikuttaa muuntajan fyysiseen kokoon tehojen kärsimättä on lisätä pylväitä muuntajan sydämeen. Muuntajille on kehitetty tavallisesta kolmen pylvään sydäimestä poikkeava erityinen 5-pylväsmalli, jonka avulla ison muuntajan korkeutta voidaan pudottaa jopa metrin verran, kun taas pituus kasvaa. 5-pylväsmalli on kuitenkin epästandardi, eli se on aina erikseen räätälöity ja sen takia muuntajan suunnittelusta ja toteutuksesta aiheutuvat kustannukset ovat n. 5-10 % kalliimmat normaaliin standardimalliin verrattuna. Lisäksi Tallinen kertoo Sveitsissä kehitetyistä erikoisista veturimuuntajista, jotka on suunniteltu kuljetettavaksi ja käytettäväksi lappeellaan. Vaasan tehtaalla tällaisia muuntajia ei kuitenkaan tehdä, vaan muuntajat on aina kuljetettava pystyasennossa.

Muita teknisiä kuljetusmittoihin vaikuttavia seikkoja ovat muuntajaan asennettavien läpivientien ja apujohtokaapin sijoittelut. Läpiviennit on yleensä sijoitettu muuntajan kannelle toiselle pitkälle sivulle. Kannen keskellä sijaitsee väliottokytkin, jonka takia läpivientejä ei voida sijoittaa aivan kannen keskilinjalle. Läpivientien välille pitää lisäksi jättää riittävän suuri jännite-etäisyys oikosulkuvaaran pienentämiseksi. Läpiviennit on kuitenkin yleensä suunniteltu siten, että ne voidaan poistaa kuljetuksen ajaksi. Apujohtokaapin sijaintiin puolestaan vaikuttaa eniten asiakkaan vaatimukset. Jos asiakas on esimerkiksi tilannut muuntajan korvaamaan vanhan muuntajan, apujohtokaappi pitää yleensä sijoittaa juuri samaan kohtaan kuin vanhassa muuntajassa.

Uusi muuntaja asennetaan yleensä samaan paikkaan kuin missä vanha muuntaja on ollut, joten liitäntöjä ei tällöin tarvitse muuttaa ollenkaan. Sama vaatimus voi olla myös aiemmin mainituille läpiviennille. Jos asiakas ei esitä erityisiä vaatimuksia, lisälaitteiden sijoittelu tehdään standardien mukaisesti.

Toinen teemahaastattelun aihepiireistä oli muuntajien suunnitteluprosessin eteneminen. Haastattelun alussa kävi selväksi, että suunnitteluprosessissa otetaan kuljetettavuus huomioon ainoastaan niissä tapauksissa, joissa asiakas on erityisesti speksannut sen etukäteen vaatimuksiin. Ilman asiakkaan vaatimusta kuljetettavuutta ei siis oteta vielä ollenkaan huomioon muuntajien suunnittelussa, eikä kuljetuksen asettamia rajoituksia mietitä lainkaan. Tämä johtuu Tallisen mukaan ainoastaan siitä syystä, että suunnittelussa ei ole tietoa kuljetusmuotojen asettamista rajoitteista. Muuntajan kuljetusmitat ja paino kuitenkin lyödään suurimmalta osin lukkoon jo ensimmäisessä sähköisen suunnittelun vaiheessa, koska silloin määritellään aktiiviosan ja tankin mitat. Tallinen ei näe mitään esteitä kuljetettavuuden ottamiselle huomioon suunnitteluvaiheessa, eikä rajoitteiden tarkistaminen veisi hänen mielestään juurikaan työaikaa jos tarvittavat tiedot ovat helposti saatavilla.

Teemahaastattelun viimeisessä vaiheessa keskusteltiin siitä, miten suunnittelu saisi parhaiten tiedon kuljetettavuuden vaatimuksista. Tutkimuksen alussa esitettiin työkaluksi vaihtoehto, jossa Excelistä saadaan haettua kuljetettavuuden mittarajat erityisillä hakuehdoilla, mutta Tallisen mukaan erilliset sovellukset hukkuvat ”Excel-viidakkoon” ja jäävät käyttämättä liian helposti. Tallisen mukaan paras ratkaisu olisi sitä vastoin mahdollisimman yksinkertainen taulukko, jonka voisi printata paperikopiona sermiin. Tällöin mittarajat olisivat hänen mielestään tarpeeksi helposti ja nopeasti saatavilla, ja tieto voidaan tämän ansiosta ottaa myös aktiiviseen käyttöön.

Tallisen mukaan taulukko olisi järkevintä muodostaa maiden ja kuljetusmuotojen mukaan, mutta ainoana ongelmana hän näkee sen, että tieto käytettävästä kuljetusmuodosta ei kuitenkaan tällä hetkellä tule myynnistä suunnitteluun. Tallisen mukaan taulukosta tulisi käydä ilmi eri mittarajat sille, kuinka helppoa tai vaikeaa kuljettaminen on ja minkälaisia vaikutuksia eri mittarajoilla on kuljetuskustannuksiin. Toisaalta tärkeää on myös tietää, mitkä ovat kuljetuksen maksimimitat, joilla kuljetus

ylipäättään onnistuu. Suunnittelun olisi tällöin tehtävä tietoinen valinta, jos nämä kriittiset mittarajat kuitenkin halutaan jostain syystä ylittää. Tallinen kertoo, että asiakkaan vaatimuksesta muuntajia on joskus suunniteltu rautatiekuljetuksen tunneliprofiilin mukaisesti. Tämän ansiosta tunneliprofiilin mittarajojen tarkistaminen on jo entuudestaan tuttua suunnittelussa ja he ovat tietoisia siitä, että rautatiekuljetuksille on mahdotonta asettaa tiettyjä mittarajoja ainoastaan leveydelle ja korkeudelle.

Kokonaisuudessaan Tallinen suhtautuu todella positiivisesti siihen, että kuljetettavuus lisättäisiin yhdeksi muuntajien sähköisen suunnittelun kriteeriksi. Hän kuitenkin painottaa, että tiedon on oltava helposti saatavilla, jotta sitä voidaan todellisuudessa alkaa hyödyntämään suunnittelun lähtökohtana. Tallisen mukaan ongelmana kuljetettavuuden sisällyttämiselle suunnittelukriteereihin on lähinnä se, että tarvittavat tiedot eivät tule myynnistä suunnitteluun. Tämän takia tutkimusta varten haluttiin lisäksi saada myynnin näkökantaa asiaan, joten asiaa kysyttiin ja siitä keskusteltiin myynnin palaverissa 12.3.2014. Palaveri pidettiin ABB Oy Transformersin tiloissa ja paikalla oli myynnin esimiehen lisäksi useita myyjiä.

Myyjät suhtautuivat myös positiivisesti tutkimuksen tarkoitukseen, mutta he eivät nähneet tiedonsaantia ongelmallisena seikkana. Myyjien mielestä pelkkä toimitusmaa riittäisi kuljetettavuuden kriteerien tarkistamiseen, koska siitä voidaan jo päätellä myös kuljetusmuoto. Esimerkiksi kotimaan, muiden pohjoismaiden ja Keski-Euroopan toimitukset kuljetetaan yleensä aina trailerilla tai lavetilla, kun taas merentakaiset kohteet merirahtina ja kauemmas Itään suuntautuvat junakuljetuksena. Myyjät lataavat tarvittavat tiedostot yhteiseen tietokantaan, josta suunnittelu saa muutkin tarvitsemansa speksit suunnittelutyön pohjaksi. Myynnin näkökanta siis oli, että jo olemassa olevalla prosessilla tuotetaan tarvittava tieto suunnittelun saataville, jotta kuljetettavuus olisi mahdollista tulevaisuudessa lisätä suunnittelukriteeriksi.

## 8. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää, miten ABB Oy Transformersin muuntajien kuljetettavuutta voidaan parantaa eri kuljetusmuodoissa. Kuljetettavuus on tärkeää ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa, koska se määrittää, kuinka muuntaja voidaan kuljettaa määränpäähän mahdollisimman kustannustehokkaasti ja helposti. Tutkimusongelmiin etsittiin ratkaisua teoriaosuudessa kartoittamalla ensin taustaksi logistiikan roolia osana toimitusketjun hallintaa ja tutkimalla niitä tekijöitä, jotka yleensä vaikuttavat tuotteen kuljetuksiin ja siitä aiheutuviin kustannuksiin. Tuotesuunnittelun taustaksi selvitettiin erilaisia suunnittelun metodeja ja keskityttiin etenkin suunnitteluun, jossa myös logistiikka otetaan huomioon.

Teoria osoitti, että toimitusketjun hallintaan liittyy logistiikan lisäksi useita muitakin osa-alueita, mutta niiden kaikkien yhteisenä päämääränä on aina tuottaa tuotteelle mahdollisimman paljon lisäarvoa. Vaikka logistiikka on ainoastaan yksi pieni osa-alue yrityksen toiminnassa, sen merkitystä ei pitäisi aliarvioida. Valmiin tuotteen kuljetus asiakkaalle on yleensä ainoa pieni osa, jonka asiakas näkee yrityksen koko toimitusketjun hallinnasta, joten sen hoitaminen ensiluokkaisesti on yrityksen imagon ja kilpailukyvyn kannalta ratkaisevan tärkeää.

Etenkin kansainvälisen yrityksen tulisi käsittää logistiikka yhdeksi keinoksi erottautua kilpailijoista ja saavuttaa sitä hyödyntämällä jopa kilpailuetua, ja mielestäni tässä voisi olla ABB Oy Transformersillekin hyvä erottautumiskeino. ABB markkinoi tuotteitaan etenkin korkean laadun kautta, joten on luonnollista panostaa laatuun myös muuntajien kuljetettavuudessa. Gattornan (1997) määrittämät 10 pääsääntöä, joiden avulla logistiikalla voidaan vaikuttaa yrityksen kannattavuuteen, ovat ABB:llä yleisellä tasolla melko hyvin hallinnassa, mutta käytännön sovellukset ja työtavat yksikön sisällä ovat kuitenkin jääneet hieman vähemmälle huomiolle.

Toimitusehdolla, eli sillä, hoitaako myyjä vai asiakas itse tuotteen kuljetuksen tehtaalta määränpäähän, ei ole merkitystä kuljetettavuuteen panostamisen kannalta. Yrityksessä voidaan kuvitella, että jos kuljetus on sovitun toimitusehdon mukaan yksin asiakkaan

vastuulla, kuljetettavuudella ei ole mitään väliä. Tilanne voi kuitenkin olla jopa täysin päinvastainen. Asiakas on esimerkiksi voinut ostaa FCA-ehdolla useita suurikokoisia muuntajia, jotka on aikonut kuljettaa junalla kaukaiseen määränpäähän. Kun muuntajat ovat valmiita, asiakas huomaakin, että muuntajat eivät mahdu rautateiden tunneliprofiiliin muutaman senttimetrin takia. Asiakkaan pitää kuljettaa muuntajat toisella huomattavasti kalliimmalla ja hitaammalla kuljetusratkaisulla, jolloin kaupan kokonaiskustannukset ovatkin paljon kalliimmat kuin alun perin oli kaavailtu. Voi olla, että asiakas tilaa muuntajat jatkossa joltain toiselta toimittajalta tämän ongelman takia. Tilanne olisi varmasti toinen, jos asiakas huomaisi, että muuntajan suunnitteluun on panostettu myös kuljetettavuuden kannalta. Tutkimuksessa selvisi, että tämän tärkeän lisäarvon tuottaminen asiakkaalle on jopa kohtuullisen edullista ja vaivatonta, jos vaan kuljetusten asettamat rajoitteet ovat tiedossa jo ensimmäisessä suunnittelun vaiheessa.

Toimitusketjun hallinnan lisäksi teoriaosuudessa selvitettiin, miten logistiikka ja tuotteen suunnittelu voidaan käytännössä yhdistää, jotta kuljetettavuutta olisi mahdollista kehittää. Aihetta tutkittaessa selvisi, että DFL (Design for Logistics) on ainoa tähän tarkoitukseen kehitetty teoria, mutta sen sisällöstä ja soveltamisen keinoista löytyy todella vähän tietoa alan kirjallisuudesta ja tutkimuksista. Tärkein tiedon lähde oli Gubin (2001) tutkimus, jonka pohjalta tässä tutkimuksessa päätettiin ensin kartoittaa logistista tekniikkaa selvittämällä kuljetus- ja huolintaliikkeiden kanssa eri kuljetusmuotojen rajoituksia ja sitä kautta antaa suunnittelulle tietoa kuljetettavuuden vaatimuksista ja rajoitteista.

Saatavilla olleesta kirjallisuudesta tai tutkimuksista ei käynyt ilmi, miten DFL:ää pitäisi käytännössä soveltaa. Tutkimuksen tavoitteena oli luoda ABB Oy Transformersille uudenlainen ”silta” logistiikan ja tuotesuunnittelun välille, joka mahdollistaisi muuntajien kuljetettavuuden ottamisen huomioon jo suunnittelun alusta lähtien. Tällä hetkellä yhteistä linkkiä ei ole käytännössä ollenkaan, mutta kaikki tutkimuksessa mukana olleet tahot olivat sitä mieltä, että tutkittava asia on tärkeä ja asia pitäisi saada korjattua. Tutkimuksen kuluessa tätä tarkoitusta varten päätettiin koota yksinkertainen mutta tehokas taulukko, joka mahdollistaa DFL:n soveltamisen muuntajien suunnittelussa.



### **8.1. Analyysi kuljetettavuudesta eri kuljetusmuodoissa**

Tässä tutkimuksessa muuntajien kuljetettavuuteen vaikuttavia seikkoja tutkittiin kvalitatiivisella metodilla kahdella eri menetelmällä. Hirsjärvi ym. (2008: 218) toteavat, että tämän tyyppisissä tutkimuksissa on tavallista, että analyysi ei ole erillinen tutkimuksen vaihe, vaan sitä tehdään koko tutkimusprosessin ajan. Tutkimuksen aineistoa on siis kerätty ja analysoitu samanaikaisesti, joka on osaltaan mahdollistanut nopean reagoimisen tutkimuksessa esiin tulleisiin seikkoihin ja muuntajien kuljetettavuuteen vaikuttaviin tekijöihin.

Heti tutkimuksen alkuvaiheessa tuli ilmi, että kuljetettavuudella on suuri merkitys etenkin kuljetuskustannuksiin maantie- ja merikuljetusten lisäksi myös rautatiekuljetuksissa, joten kolmaskin kuljetusmuoto päätettiin ottaa mukaan tutkimukseen vaikka se ei alkuperäiseen suunnitelmaan kuulunutkaan. Lisäksi pystyttiin myös reagoimaan suunnittelusta saatuihin tietoihin, joiden mukaan alkuperäistä suunnitelmaa uuden työkalun toteutustavasta muutettiin ja myös myynnin näkökanta otettiin työkalun toteutuksessa huomioon. Näillä muutoksilla pyrittiin parantamaan tutkimuksen lopullista arvoa, jotta sitä pystyttäisiin täysimääräisesti hyödyntämään ABB Oy Transformersin suunnitteluprosesseissa.

Tutkittaviksi kuljetusmuodoiksi valittiin siis lopulta maantie-, meri- ja rautatiekuljetukset, koska ne ovat muuntajien kuljetusten kannalta kaikkein tärkeimmät ja kriittisimmät kuljetusmuodot. Kohdemailla ei todettu olevan tässä tapauksessa niin suurta merkitystä tutkimuksen kannalta, koska kaikki kuljetukset hoidetaan edellä mainituilla kuljetusmuodoilla tai niiden yhdistelmillä. Toki kuljetuksia järjestettäessä eri maiden lait ja säännökset tulee aina huomioida. Tutkimusaineistoa valituista kolmesta kuljetusmuodosta kerättiin kuljetus- ja huolintaliikkeitä kyselyillä ja teemahaastatteluilla. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi, millaisia logistiseen tekniikkaan liittyviä rajoitteita eri kuljetusmuodoilla ja niiden kalustoilla todettiin olevan, ja mitä erityisesti muuntajien suunnittelussa pitäisi niiden perusteella huomioida.

### 8.1.1. Maantiekuljetukset

Kuten teoriaosuudessa selvisi, kuljetuksen tuottavuus on tärkeä tekijä kuljetusten kokonaishintojen määräytymisessä. Tuottavuudella tarkoitetaan esimerkiksi sitä, että traileriin saadaan mahtumaan optimaalinen määrä tuotteita, kuten johdannossa esitetyssä IKEA:n esimerkissä oli havainnollistettu. Muuntajien tapauksessa tuottavuus on tärkeässä asemassa etenkin pienemmissä I linjan muuntajissa, koska niitä yleensä kuljetetaan standardimittaisilla kuljetusyksiköillä, kuten trailereilla. Suunnitteluvaiheessa tulisi siis huomioida, että trailer pitäisi saada lastattua täyteen, eli muuntajan kuljetusmittojen pitäisi olla mahdollisuuksien mukaan jaollinen kuljetusyksikön mitoilla, mutta kuitenkin lastattavuus ja sidonta huomioiden.

Kuten edellä on kerrottu, trailereita on sekä tavallisia, että hieman korkeampia megatrailereita, ja niiden sisämitat ovat yleensä pituuden osalta 13,62 m ja leveyden osalta 2,48 m. Tavallisen trailerin sisäkorkeus on n. 2,68 m ja megatrailerin n. 2,98 m. Trailereiden kantavuus on yleensä n. 27 000 kg, mutta niin painavaa yksittäistä muuntajaa niillä ei voida kuljettaa suuren pistepainon ja sidontapisteiden kestävyyden takia. Trailerilla voidaan pääsääntöisesti kuljettaa n. 10 000 kg maksimipainon muuntajia. Lisäksi tulee muistaa, että trailerin kantavuuden lisäksi eri maiden painorajoitukset tulee kuitenkin aina huomioida lastin kokonaispainossa. Esimerkiksi Keski-Euroopassa yleisesti käytetty painoraja normaalikuljetukselle on 25 000 kg. Pienemmissä muuntajissa, jotka toimitetaan Eurooppaan, kannattaa aina pitäytyä näiden mittojen ja painorajojen sisäpuolella, koska silloin kuljetuskustannukset ovat matalimmalla mahdollisella tasolla, ja ainoastaan normaalissa traileriliikenteessä on mahdollista käyttää ABB:n globaalisti kilpailutettuja rahtihintoja. Edullisten kuljetushintojen lisäksi etuna on se, että normaaleja trailereita liikennöidään usein, eikä niille tarvitse hakea kuljetuslupia, joten myös toimitusajat ovat kohtuullisen nopeita.

Isommissa II ja III linjojen muuntajissa kuljetuksen tuottavuutta on hieman haastavampaa tai jopa täysin mahdotonta parantaa samalla tavalla kuin normaalissa traileriliikenteessä kuljetettavien muuntajien tapauksessa. Traileriin liian iso tai painava muuntaja kuljetetaan yleensä lavetilla, joita on erilaisia eri tarkoituksiin. Lavetilla ei

yleensä kuljeteta useita muuntajia kerralla, koska lavetin kantavuus tulee helposti vastaan ja lisäksi maanteillä erikoiskuljetuksena ei saa lain mukaan kuljettaa samanaikaisesti useita muuntajia, jos ne yhdessä aiheuttavat kuljetukselle ylimittaa tai ylipainoa. Kuljetusliikkeiden haastatteluissa selvisi, että lavettikuljetuksissa eniten lopulliseen kuljetushintaan vaikuttavat käytettävä kalusto ja kuljetettava matka. Lisäksi erilaiset kuljetusluvut ja saattoautojen kulut nostavat erikoiskuljetusten kokonaisrahtihintoja jonkin verran.

Lavettikuljetuksissa on tärkeää muistaa, että Suomen maantieteellisen sijainnin takia lavetit ajetaan yleensä laivaan, joka kuljettaa koko kuljetusyksikön jostain Suomen satamasta joko Ruotsiin tai johonkin Keski-Euroopan satamaan. Lavetti ajaa laivaan sisään lastausrampin kautta, ja koko kuljetusyksikön kokonaismassa ja kokonaiskorkeus on oltava pienemmät kuin rampin kantavuus ja oven korkeus. Kuljetusliikkeiden haastatteluista kävi ilmi, että varustamot voivat vaihdella eri reiteillä operoivia laivojaan ja lisäksi joitain laivayhteyksiä, kuten Vaasasta Ruotsin Härnösandiin ja Saksan Bremerhaveniin ollut yhteys vuoden 2013 alkupuolella, voidaan jopa lakkauttaa. Lisäksi esimerkiksi merenpinnan korkeudella voi olla vaikutusta siihen, kuinka korkean lastin rampin kautta voi ajaa. Näiden seikkojen takia täysin pysyviä mittarajoja on mahdotonta määritellä. Kuljetusliikkeiltä saatiin kuitenkin tiedot tämänhetkisestä tilanteesta, jonka mukaan muuntajien suunnitteluosasto voi huomioida kuljetettavuuden mahdollisuuksien mukaan.

Kaikki tutkimusta varten haastatellut kuljetusliikkeet painottivat etenkin muuntajan korkeuden vaikutusta kuljetettavuuteen. Turvallinen maksimiraja kaikissa liikennesuunnissa todettiin olevan 400 cm, koska silloin kalustolla ei ole niin suuria vaatimuksia lastauskorkeuden suhteen. Korkeampiakin muuntajia aina 440 cm asti voidaan vielä kohtuullisen helposti kuljettaa ainakin pohjoismaissa pääteillä, mutta silloin kalustona on käytettävä matalampaa ja kalliimpaa erikoiskalustoa. Kuitenkin muualle Keski-Eurooppaan, kuten Saksaan ja Ranskaan kuljetettavien muuntajien tulisi aina pysyä n. 400 cm mittarajoissa, koska näissä maissa kuljetuksia haittaavat etenkin monet matalat sillat ja tunnelit. Lisäksi kuljetusluvan saaminen voi olla vaikeaa ja aikaa vievää joko korkeuden tai suuren kuljetuspainon takia.

### 8.1.2. Merikuljetukset

Merikuljetuksissa käytettävä kalusto ja laivauksen muoto määrittävät pitkälti kuljetuskustannukset. Muuntajan kuljetusmittojen ja painon mukaan kalustovaihtoehtoina ovat halvimasta kalleimpaan standardimittainen DC kontti, OT, FR, Mafi ja Break Bulk. Kyselyn tuloksista saatiin mittarajat, joiden mukaisesti kuhunkin kuljetusyksikköön voidaan lastata muuntajia.

Tuloksia sovellettaessa tulee kuitenkin muistaa, että samanlaisissa kuljetusyksiköissä voi olla pieniä eroja mitoissa sen mukaan, minkä varustamon kalustosta on kyse ja mitä sarjaa kalusto on. Lisäksi kuljetettavan tuotteen turvallinen kiinnittäminen kuljetusyksikköön on ensiarvoisen tärkeää, joten sidontojen, kiinnitysten ja tuentojen vaikutukset kalustoon on huomioitava. Taulukon mittarajoihin on jo valmiiksi laskettu pituudelle 20 cm, leveydelle n. 15 cm ja korkeudelle n. 10 cm ylimääristä, jotta suunnittelun ei tarvitse miettiä näitä asioita erikseen. Suunnittelun on kuitenkin hyvä pitää mielessä, että muuntajan kuljetusmittoihin kannattaa silti jättää mahdollisuuksien mukaan ”pelivaraa”, jotta yllätyksiltä välttyttäisiin.

Standardikonttiliikenteessä on erikoisraheista poiketen mahdollisuus hyödyntää ABB:n globaalisti kilpailuttamia rahtihintoja, jotka ovat huomattavan edullisia suuresta volyymista johtuen. Edullisinta muuntajien kuljettaminen meritse on siis standardikonteilla, joita on pääsääntöisesti 20 ja 40 jalan mittaisina. Taulukossa esitetään mittarajat molemmille vaihtoehdoille, jotta suunnittelun on mahdollista ottaa esimerkiksi huomioon, kuinka pitkä I linjan muuntajan on hyvä optimaalisesti olla. Pienempiä muuntajia laivataan usein monen kappaleen erissä, joten suunnittelussa on hyvä huomioida, että kontti saadaan lastattua optimaalisesti. Suunnittelussa voidaan esimerkiksi optimoida leveydet siten, että muuntajia voidaan lastata kaksi rinnakkain ja pituudet siten, että muuntajaluku on jaollinen kahdella. Näin konttimäärää on pääsääntöisesti helpompi optimoida 20 DC ja 40 DC konteilla. Merikuljetuksissa muuntajan tarvikkeet laivataan usein kontissa riippumatta siitä, miten itse muuntaja

laivataan. Tämän takia myös tarvikkeiden kollimittoja määriteltäessä kontin mitat olisi hyvä pitää mielessä.

Seuraavassa hintaluokassa todettiin olevan konttilaivoilla laivattavat OT ja FR, joita on standardikonttien tavoin yleensä kahta eri pituutta. Taulukkoa olisi ollut mahdotonta koostaa erikseen kaikille ylimitoille, joten taulukossa päätettiin esittää ainoastaan normaalimitat (IG) ja suurimmat mahdolliset ylimitat (OOG). Myös RO-RO:lla laivattavat mafit esitetään taulukossa samalla periaatteella. Näiden kuljetusyksiköiden rahtihinnat vaihtelevat suuresti sen mukaan, paljonko niissä on ylimittaisuutta. Lisäksi FR:n hintoihin vaikuttaa se, monestako suunnasta kuljetusyksikkö on ylimittainen. Mitä useammasta suunnasta ja mitä enemmän ylittää on, sitä kalliimpi on myös rahti. Tämän takia taulukossa on pientä tulkinnan varaa rahtihintojen suhteessa.

Merikuljetusten kallein muoto on Charter-laiva, jonka hinnat ovat aina tapauskohtaisia. Taulukossa ei ole määritelty minkäänlaisia mitta- tai painorajoja, koska periaatteessa kaikenlaisille muuntajille löytyy aina riittävän suuri laiva, kunhan hinnasta sovitaan. Charter-vaihtoehto on kuitenkin pääsääntöisesti aina kaikkein kallein laivausten muoto, ja sitä pyritään mahdollisuuksien mukaan aina välttämään normaaleissa muuntajatoimituksissa. Charter-laivauksen huomattavan kallis hinta on hyvä pitää mielessä myös maantiekuljetuksien osalta, koska jos lavetille ei löydy reittiä tai saada kuljetuslupaa maitse, eikä se mahdu linjaliikenteessä kulkevan laivan luukusta sisään, charter on ainoa mahdollinen vaihtoehto.

### **8.1.3. Rautatiekuljetukset**

Muihin kuljetusmuotoihin verrattuna rautatiekuljetusta käytetään muuntajille melko harvoin, mutta tutkimuksen tuloksista päätellen kuljetettavuus on tässä kuljetusmuodossa kuitenkin kaikkein kriittisin tekijä kuljetuskustannusten kannalta. Yhdelläkin liian isolla muuntajakuljetuksella voidaan karkeasti arvioiden nollata kaikkien meri- ja maantiekuljetusten optimoinnin vuoden aikana tuomat säästöt rahtikustannuksissa. Myös asiakkaalle kuuluvien junakuljetusten rahtihintojen pitäisi pysyä kohtuullisina, jotta ABB Oy Transformersin kilpailukyky pysyisi

kaukaisemmillaakin itään suuntautuvilla markkinoilla hyvänä. Näiden seikkojen takia ja etenkin tutkimuksen hyödyntämisen kannalta oli todella onnistunut ratkaisu lisätä rautatiekuljetukset mukaan tutkittaviin kuljetusmuotoihin.

Kuten teoriaosuudessa kerrottiin, rautatiekuljetusten rahtihinnan määräytyminen perustuu kuormaulottumaan (Kuva 4.) ja sen ylittyessä ylimitta-asteisiin (Kuva 5.). Ivy-maiden rautatiekuljetuksissa nämä tekijät pysyvät kohtuullisen muuttumattomina, joten tuloksia voidaan turvallisesti soveltaa käytäntöön vielä pitkienkin aikojen kuluttua. Koska rautateillä tunneliprofiili määrittää, missä kohdissa ylimitta-asteiden rajat muuttuvat, muuntajalle on mahdotonta määrittää tiettyjä ulkomittoja, joissa ”laatikkomaiset” pituus, leveys ja korkeus olisi tarkasti määritelty. Tämä yksityiskohta oli kuitenkin jo entuudestaan tiedossa suunnitteluosastolla ja suunnittelijat olivat ennenkin tutkineet mittarajoja tunneliprofiilista. Tämän takia rautatiekuljetusten mittarajoja ei yritettykään mahduttaa taulukkoon, jota olisi luultavasti ollut selkeään kuvaan verrattuna jopa vaikeampi tulkita.

Kuljetusmitoissa pitää erityisesti muistaa huomioida, että korkean muuntajan pitää olla VOSK-vaunussa alaosastaan riittävän kapea ( $< 340$  cm), jotta se ei osuisi asemalaituriin ja myös yläosasta korkeimmasta kohdastaan kapeampi ( $< 110$  cm), jotta se ei osuisi tunneliin. Muuntajan kannelle asennettavat läpiviennit pitäisi siis ainakin korkeimmissa muuntajissa ( $< 460$  cm) sijoittaa maksimissaan 110 cm alueelle muuntajan painopisteen määrittämästä keskiosasta, jotta kuljettaminen olisi ylipäättään mahdollista. Paras vaihtoehto olisi tietenkin suunnitella läpiviennit jo alusta lähtien irrotettaviksi kuljetuksen ajaksi, jotta ne eivät kasvata ylimitta-astetta. Tunneliprofiilin keskiosassa on yläosasta poiketen hieman enemmän varaa leveydelle, mutta sekin kannattaa aina mahdollisuuksien mukaan minimoida, jotta rahtihinta ei nousisi turhien ylimitta-asteiden takia. Esimerkiksi Liitteessä 2. olevassa muuntajassa on oikeassa laidassa komponentti, joka on suojattu kuljetussuojalla. Komponentin ja kuljetussuojan väliin jää kuitenkin kuvan mukaan jonkin verran ilmaa, joten pelkällä kuljetussuojan paremmalla suunnittelulla ylimitta-astetta olisi luultavasti voitu joko pienentää tai jopa poistaa kokonaan.

Mitoista poiketen muuntajan painolle voidaan määrittää tietty kriittinen taso rautatiekuljetuksissa. Muuntajan kokonaispaino saisi pääsääntöisesti olla enintään 120 t, koska sitä suurempaa painoa kestävä kalustoa on Suomessa vähemmän saatavilla ja hinnat ovat suhteessa paljon korkeammat. Muuntajat kuitenkin harvoin ylittävät tätä painorajaa, mutta se on silti hyvä pitää ohjenuorana rautatiekuljetuksissa. Pienemmissä muuntajissa, joissa esimerkiksi korkeus on n. 270 cm ja leveys n. 300 cm, voidaan käyttää hieman edullisempaa VO-vaunua. Tällöin muuntajan painon tulee kuitenkin olla alle 60 t. Vaunujen painorajat ovat tiukkoja, eikä niissä ole ollenkaan joustoa ylöspäin, ja lisäksi sidonta- ja tuentamateriaaleista tulee myös jonkin verran painoa vaunulle. Pienikin vaunun painorajan ylittyminen johtaa aina järeämmän ja kalliimman kaluston käyttämiseen.

## **8.2. Suunnittelun työkalun toteutus**

Tutkimusta varten haastateltiin ABB Oy Transformersin sähkösuunnittelijaa Pasi Tallista. Haastattelun aikana kävi selvästi ilmi, että kuljetettavuutta ei tällä hetkellä oteta suunnitteluprosessin aikana huomioon jos asiakas ei sitä erikseen vaadi. Tallisen mielestä kuljetettavuuden ottaminen yhdeksi suunnittelun lisäkritteriksi on mahdollista, eikä mittarajojen tarkistaminen hänen mielestään veisi juurikaan työaikaa. Tallisen mukaan paras tapa toteuttaa työkalu on muodostaa kuljetettavuuden vaatimuksista mahdollisimman yksinkertainen taulukko, josta voisi nopeasti tarkistaa muuntajien mittarajat eri kustannusvaikutuksilla. Suunnittelun on voitava arvioida, paljonko kustannusoptimista voidaan poiketa kuljetettavuuden hyväksi, joten taulukosta on myös käytävä ilmi eri mittarajojen vaikutukset kuljetuskustannuksiin.

Suunnittelusta saatujen tietojen pohjalta päädyttiin muuttamaan alkuperäistä suunnitelmaa Excel-pohjaisesta työkalusta. Uusi työkalu ei toisi yritykselle todellisuudessa minkäänlaista lisäarvoa, jos se jäisi käytännössä hyödyntämättä. Tämän takia kuljetettavuuden vaatimukset päätettiin kerätä kuljetusmuodoittain selkeään taulukkoon (Kuva 6.), josta käy ilmi myös kustannusvaikutus, joka on laskettu indeksinä. Euromääräisiä kustannusvaikutuksia on käytännössä mahdotonta esittää

taulukossa luotettavasti, koska toimitukset tapahtuvat eri maihin ja etenkin muuntajien usein vaatimissa erikoisemmissa kuljetuksissa kokonaisrahtihinnoissa on todella monia muuttuvia tekijöitä. Lisäksi kuljetushinnoissa tapahtuu jonkin verran vaihtelua vuosittain, joten indeksillä laskettuja hintatietoja voidaan soveltaa luotettavammin pidemmälläkin aikavälillä. Lisäksi indekseistä hinnan nousu on helposti ymmärrettävissä, joka puolestaan parantaa taulukon helppolukuisuutta ja sitä kautta hyödynnettävyyttä. Jos eteen tulee tilanne, jolloin euromääräinen kustannusvaikutus todella tarvitaan suunnittelun päätöksenteon tueksi, sitä voidaan pyytää erikseen huolintaosaston kautta. Ainoastaan tällöin euromääräisiin hintatietoihin voi todellisuudessa luottaa ja niitä on turvallista käyttää suunnittelun pohjana.

#### Mitta- ja painorajat muuntajan kuljetettavuudelle

Muuntajan kuljetusmitat ja -paino						Suhteellinen hinta	
Kuljetusmuoto	Yksikkö	Pituus (cm)	Leveys (cm)	Korkeus (cm)	Paino (t)		
Merikuljetus	DC (HC)	570/1180	220	235/255	10	100	
	OT	570/1180	220	234	10	155	IG
		570/1180	220	420	10	209	OOG
	FR	570/1180	244	226	40	155	IG
		570/1180	444	400	40	366 - 419	OOG
	Mafi	570/1180	250	300	40 - 80	502	IG
			500	400-500	80 - 130	753	OOG
	Charter	Kaikki mitat mahdollisia				Tapauskohtainen	
							Ylikorkea/-leveä/molempia
							Pyritään välttämään
Maantiekuljetus	Trailer	400	234	288	10	100	
	Pokka	900	280	350	20	135	
					50	242	
	Kehto	900	300	390	20 - 50	288	60 cm kehto
		900	300	415	51 - 70	381	35 cm kehto
		900	300	415	71 - 80	444	35 cm kehto
		900	350	440	81 - 100	739	10 cm palkki
		900	350	440	100 - 130	1095	10 cm palkki
	Moduuli	1500	350	440	100 - 150	1598	
Maksimimitat maittain	Maa	Muuntajan korkeus ja paino					
		Korkeus (cm)	Paino (t)				
	Suomi	690	150				
	Ruotsi	440	100				
	Norja	440	80				
	EU	400	100				

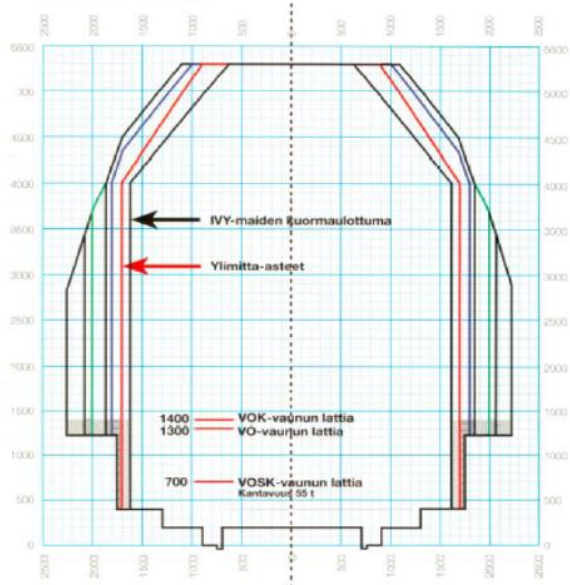
Rajat pätevät kuljetuksiin pääteillä, pienemmillä teillä on tiukemmat rajoitukset.



## Rautatiekuljetus

IVY-maiden kuormauttuma-  
ja ylimita-asteet

Mitat millimetreinä kokonaisuutena



Ylimita-aste	Suhteellinen hinta
-	100
1 - 2	101
3	318
4	1457
5 - 6	-

Tapauskohdainen, hinta kallistuu huomattavasti

**Kuva 6.** Suunnittelun työkalu

Tallinen huomautti haastattelun aikana, että tieto kuljetusmuodosta ei tällä hetkellä tule sähkösuunnitteluun, joten työkalun käyttöönotto vaatisi myös hänen mielestään myyntiosastoltakin aktiivisuutta. Myynti oli kuitenkin sitä mieltä, että kohdemaan perusteella on jo riittävän helppoa päätellä toimituksessa käytettävä kuljetusmuoto. Myynti ilmoittaa jo nyt suunnitteluun muiden speksien mukana myös kohdemaan, joten kaikki tarvittava tieto on jo olemassa, jotta optimaalisen kuljetettavuuden vaatimukset voidaan tarkistaa taulukosta ennen suunnittelun aloittamista. Jotta käytettävän kuljetusmuodon määräytyminen olisi suunnittelussakin selvää, eikä se aiheuttaisi estettä kuljetettavuuden huomioimiselle, pitää suunnittelua jonkin verran opastaa asiassa uuden taulukon käyttöönoton yhteydessä. Kuljetusmuodon päättelemine kohdemaan perusteella on kuitenkin kohtuullisen helppoa, vaikka yleisestä linjasta poikkeaviakin kuljetusmuotoja voidaan erikoistapauksissa käyttää. Taulukon avulla on kuitenkin tarkoitus kohdistaa suunnittelun huomio kuljetettavuuteen kokonaisuudessaan, joten tässä tapauksessa poikkeukselliset tilanteet voidaan jättää huomiotta.

Kuljetettavuus ei ole muuntajasuunnittelussa tärkein kriteeri, eikä tällä tutkimuksella siihen pyrittykään. Tärkeimpiä suunnittelukriteereitä ovat yleensä materiaalien kustannusoptimi, riittävän alhaiset häviöt ja muut vaaditut sähkötekniset ominaisuudet ja asiakkaan vaatimukset. Kuljetettavuus voisi kuitenkin olla edellä mainittujen jälkeen seuraava kriteeri, jonka suunnittelu sisällyttää työhönsä, jos sillä voidaan saavuttaa säästöjä. Kuljetettavuutta ei kannata parantaa, jos sen takia joudutaan poikkeamaan huomattavasti materiaalien kustannusoptimista tai muista kriteereistä. Sitä vastoin taulukolla voidaan välttää tilanteita, joissa suunnittelu tietämättömyyttään asettaa esimerkiksi muuntajan tankille mitat, jotka hankaloittavat tai pahimmassa tapauksessa jopa estävät muuntajan kuljettamisen määräpaikalle järkevillä ja kustannustehokkailla kuljetusratkaisuilla.

### **8.3. Vastaukset tutkimuskysymyksiin**

Tutkimuksen lähtökohdaksi asetettiin kolme tutkimuskysymystä, joiden pohjalta tutkimuksen rakenne, tyyppi ja käytettävät metodit valittiin. Tässä kappaleessa tiivistetään tutkimuksen tuloksista saadut vastaukset näihin kolmeen tutkimuskysymykseen.

***Onko ABB:n muuntajatoimitusten kustannuksia mahdollista saada pienennettyä optimoimalla muuntajan kuljetettavuutta?***

Heti johdannossa esitelty termi kuljetettavuus, eli se kuinka helppoa ja edullista tuotteen kuljettaminen on sen ominaisuuksien ansiosta, on koko tutkimuksen tärkein termi. Muuntajan kuljetettavuus, eli käytännössä sen kuljetusmitat ja paino ovat kohdemaan lisäksi vaikuttavat tekijät kuljetusmuodon määräytymisessä. Eri kuljetusmuodoissa on vaihtoehtoina erilaisia kalustotyyppejä, joiden kuljetushinnoissa voi olla suuriakin eroja, vaikka erot niiden mittarajoissa voivat olla pieniä. Tutkimuksessa eriteltyjen tavallisimpien kuljetustapojen lisäksi on toki olemassa paljon erityisratkaisuja vaativia kuljetustapoja, mutta niitä pyritään välttämään mahdollisimman pitkälle huomattavasti korkeampien rahtikustannusten takia. Kuljetushintojen pysyminen kohtuullisena on

molempien kaupan osapuolten, eli sekä muuntajatehtaan että asiakkaan, kannalta toivottava päämäärä ja tutkimuksen tuloksista kävi selkeästi ilmi, että kuljetettavuuden huomioimisella voidaan saavuttaa pienempiä rahtikustannuksia.

Kaikki tutkimusta varten haastatellut huolinta- ja kuljetusliikkeet olivat sitä mieltä, että ottamalla huomioon eri kuljetuskalustojen rajoitukset kuljetuskustannuksissa voidaan helpostikin saada aikaan säästöjä. Tämä johtuu siitä yksinkertaisesta syystä, että mitä järeämpää kalustoa kuljetukseen käytetään, sitä korkeammat ovat myös rahtihinnat. Ottamalla huomioon eri kuljetuskalustojen mitta- ja painorajat, suunnittelun on mahdollista vaikuttaa siihen, kuinka järeää kalustoa kullekin muuntajalle pitää käyttää. Kuljetettavuuden huomioimisen ansiosta voidaan jatkossa välttää tilanteet, joissa pienen mitta- tai painolisäyksen takia kuljetuskalustona joudutaan käyttämään järeämpää ja kalliimpaa kuljetuskalustoa.

### ***Mitkä ovat muuntajan kuljetusmittojen kriittiset raja-arvot eri kuljetusmuodoissa?***

Jotta kuljetettavuuden vaatimukset olisi mahdollista ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa, muuntajien sähkösuunnittelussa pitää olla tieto kuljetusmuodosta. Kuten edellä on kerrottu, kuljetusmuodoilla on käytössä erilaista kalustoa, joiden niiden kriittiset raja-arvot pitäisi tietää kuljetettavuuden optimointiin. Tätä varten suunnittelulle muodostettiin selkeä taulukko, josta on mahdollista tarkistaa eri kuljetusmuotojen ja kalustojen mittarajoitukset. Lisäksi eri mailla on hieman poikkeavia mittarajoja, jotka on myös esitetty kyseisessä taulukossa.

Kuljetus- ja huolintaliikkeiden kyselyistä ja haastatteluista kävi ilmi, että etenkin muuntajien kuljetuksissa kuljetuspaino, -korkeus ja -leveys ovat merkittäviä tekijöitä. Muuntajan pituus on sitä vastoin ainoastaan harvoin haasteena kuljetuksissa. Maantie- ja merikuljetuksissa yhteisenä tekijänä todettiin olevan yleensä RO-RO laivan luukun korkeus ja rampin kantavuus, joiden takia yksi pääsääntöinen mittaraja ainakin muuntajan korkeuden osalta on 400 cm. Tämä mittaraja mahdollistaa useimmissa tapauksissa sekä lavetti- että mafikuljetukset. Muut tarkemmat mitta- ja painorajat on eritelty yksityiskohtaisemmin taulukossa.

***Kuinka paljon voidaan vuosittain säästää optimoimalla muuntajan kuljetettavuutta?***

ABB Oy Transformersin hoitamiin kuljetuksiin käytetään useita miljoonia vuosittain. Kuljetusmittojen optimoinnilla saavutettavaa säästöä on kuitenkin käytännössä mahdotonta laskea tarkasti, koska jokainen kuljetus on järjestetty tapauskohtaisesti ja lopullinen rahdin loppusumma sisältää yleensä koko kuljetusketjun kustannukset. Tässä tutkimuksessa on keskitytty kuljetettavuuden tarkastelemiseen ainoastaan vientikuljetusten osalta, mutta kuljetettavuudella on vaikutusta osaltaan myös tuontirahteihin. ABB Oy Transformersille tuodaan Vaasaan esimerkiksi muuntajan säiliöitä Eurooppalaisilta toimittajilta, joten vientikuljetusta varten optimoitu säiliö on todennäköisesti halvempaa myös tuoda Suomeen.

Vaikka kuljetuskustannukset ovatkin rahallisesti suuri menoerä ABB Oy Transformersilla, kuljetettavuuden vaikutuksia voidaan tarkastella myös toisesta näkökulmasta. Ottamalla kuljetettavuus huomioon jo tarjousvaiheessa ABB Oy Transformersin on periaatteessa mahdollista saada kotiutettua entistä enemmän kauppvoja. Muuntajatehtaan myyntiosasto saa tarjottua asiakkaille parempia kokonaishintoja, kun jo rahti-indikaatiot pyydetään järkevillä ja kuljetettavuuden kannalta optimaalisilla kuljetusmitoilla. Vaikka indikaatiot eivät olekaan sitovia hintatietoja, niiden perusteella myyjä koostaa asiakkaalle tarjottavan hinnan ja kokonaishinta on kauppvojen voittamisessa tai häviämisessä usein varsin merkittävä tekijä. Kuten teoriaosuudessa kerrottiin, kuljetuksen hoitaminen voidaan käsittää osaksi hyvää asiakaspalvelua ja siitä voidaan luoda yritykselle jopa uusi kilpailuedun tavoittelemisen keino.

Edellä mainittujen seikkojen takia kuljetettavuuteen panostamisella voidaan tulevaisuudessa saavuttaa kauaskantoisiakin vaikutuksia, vaikka tarkkaa euromääräistä säästöä ei voidakaan laskea. Pienikin prosentuaalinen säästö kuljetuskustannuksissa on tärkeä, kun rahteihin kulutettava rahasumma on suuri.

#### 8.4. Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa selvitettiin kuljetettavuuden vaikutusta ABB Oy Transformersin muuntajien vientikuljetuksissa. Kuljetettavuudella tarkoitetaan niitä tuotteen fyysisiä ominaisuuksia, joiden ansiosta tuotetta on helppoa ja edullista kuljettaa pitkiäkin matkoja. Tutkimuksen päämääränä oli se, että muuntajat suunniteltaisiin jatkossa kuljetettavuuden kannalta optimaalisesti, jotta rahtikustannukset pysyisivät kohtuullisina Suomen maantieteellisestä sijainnista huolimatta.

Tutkimuksen ensimmäisessä osiossa selvennettiin, millainen tuote muuntaja on ja millaisia erityispiirteitä sillä on kuljetuksen kannalta. Lisäksi käytiin läpi yrityksen omia prosesseja, joiden kautta muuntajakaupat syntyvät ja tuotteet suunnitellaan sekä lopulta toimitetaan asiakkaille. Teoriaosuudessa selvitettiin logistiikan roolia toimitusketjussa ja tultiin siihen tulokseen, että logistiikan asema on hitaasti muuttumassa. Kirjallisuudesta selvisi, että yritysten pitäisi ajatella logistiikan hoitaminen osana hyvää palvelutasoa, jota asiakkaalle tarjotaan. Lisäksi teoriaosuudesta kävi ilmi, että varsinkin menestyvät yritykset ovat sisäistäneet logistiikan osaksi strategiaansa, jonka avulla on mahdollista erottautua kilpailijoista ja saavuttaa kilpailuetua.

Teoriaosuudessa eriteltiin lisäksi tekijöitä, jotka vaikuttavat yleisesti kuljetuksiin. Tärkein vaikuttava tekijä ovat yleensä kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset, joiden todettiin riippuvan monista erilaisista muuttujista. ABB Oy Transformersin kuljetuskustannusten todettiin olevan samaa luokkaa kuin kirjallisuudessa esitetyt kuljetuskustannusten osuudet tuotteen hinnasta. Kustannusten lisäksi tärkeä tekijä on tietenkin käytettävä kuljetusmuoto, joita ovat maantie-, meri-, rautatie-, lento- ja putkistokuljetukset sekä niiden erilaiset yhdistelmät. Tutkimukseen valittiin kolme muuntajatoimitusten kannalta tärkeintä kuljetusmuotoa, eli maantie-, meri- ja rautatiekuljetukset. Kuljetus- ja huolintaliikkeet toteuttavat kuljetukset käytännössä, joten niiden roolia tarkasteltiin myös teoriaosuudessa. Näiden yritysten todettiin olevan kuljetusprosessin ”arkkitehteja”, joten tutkimuksen kannalta oli tärkeää saada niiden tietotaitoa hyödynnettyä empiiriseen tiedonkeruun avulla.

Teoriaosuudessa selvitettiin myös toimitusehtoja ja niiden merkitystä kuljetuksiin. ICC:n julkaisemien INCOTERMS-ehtojen todettiin olevan yleisesti käytössä kansainvälisessä kaupassa ja että niiden käyttö on suositeltavaa etenkin selkeän kustannusten- ja riskinjoon takia. Kirjallisuudessa esitettiin, että myyjän pitäisi suosia niitä toimitusehtoja, joissa myyjä hoitaa suurimman osan tuotteen kuljetuksesta, mutta ainakin ABB Oy Transformersin kohdalla tilanteen todettiin olevan päinvastainen. Lopuksi todettiin, että kansainvälisiin kuljetuksiin kohdistuu lukuisia erilaisia riskejä, joita kuitenkin voidaan pyrkiä hallitsemaan ennakoimalla ja myös kattavilla kuljetusvakuutuksilla.

Viidennessä luvussa keskityttiin selvittämään, kuinka tuotteita suunnitellaan etenkin logistiikan kannalta. Tutkimuksen aiheen kannalta tärkeimmäksi termiksi osoittautui DFL ja sen piiristä etenkin tuotteiden ja niiden pakkausten suunnittelu tehokkaan kuljettamisen ja varastoinnin kannalta. DFL oli tämän tutkimuksen kannalta erityisen tärkeä termi, koska muuntajat suunnitellaan aina erikseen vastaamaan asiakkaan vaatimuksia. Tämän takia suunnitteluosasto on mukana kaikkien muuntajakauppojen alkuvaiheessa, jolloin myös kuljetettavuuteen ratkaisevasti vaikuttavat kuljetusmitat määräytyvät. Teoriaosuudesta ei kuitenkaan selvinnyt, miten DFL:ää pitäisi käytännössä toteuttaa, joten tutkimuksessa päädyttiin antamaan muuntajien kuljetettavuuteen ratkaisevasti vaikuttavat mitta- ja painorajat kuljetusmuodoittain suunnittelun saataville.

Tutkimuksen empiirisessä osiossa tietoa kerättiin kahdella menetelmällä, eli kyselyillä ja teemahaastatteluilla. Tämän triangulaation ansiosta tutkimuksen validius parantui ja kahden menetelmän edut ja haittapuolet kompensoivat toisiaan. Tietoa kerättiin muutamilta kuljetus- ja huolintaliikkeiltä kuljetusmuodoittain. Kaikki haastateltavat totesivat kuljetusmuodosta riippumatta, että muuntajien kuljetuksissa on todella monia muuttuvia tekijöitä, joten tiettyjä mittarajoja ja niiden vaikutuksia rahtihintoihin oli sen takia erityisen haastavaa määritellä. Kaikki kuljetus- ja huolintaliikkeet olivat tosin yhtä mieltä siitä, että kuljetettavuus pitäisi huomioida jo suunnitteluvaiheessa, koska muutama senttimetri mitoissa tai muutama tonni muuntajan kuljetuspainossa voi olla ratkaiseva tekijä kuljetuksen lopullisten kustannusten kannalta. Joissain tapauksissa

sama pieni ero mitoissa tai painoissa voi määrittää, onko kuljetus ylipäättään mahdollista.

Tutkimusta varten haastateltiin myös ABB Oy Transformersin suunnitteluosastolla työskentelevää tuotespesialistia. Haastattelussa selvisi, että kuljetettavuus voidaan lisätä yhdeksi suunnittelun kriteeriksi, kunhan tarvittava tieto on helposti saatavilla. Tätä tarkoitusta varten päätettiin koota kuljetus- ja huolintaliikkeiltä saadut mitta- ja painotiedot selkeään taulukkoon, jonka suunnittelija voi printata vaikka sermiinsä. Alun perin työkalu oli tarkoitus toteuttaa Excel-pohjaisena, mutta suunnittelusta saatujen toiveiden perusteella toteutustapaa muutettiin. Selkeällä ja yksinkertaisella taulukolla saavutettiin parempi hyödynnettävyys tälle tutkimukselle.

### **8.5. Tutkimuksen hyödyntäminen ja jatkotutkimusideat**

Tutkimusta ja siitä saatuja tuloksia aletaan hyödyntää ABB Oy Transformersin suunnittelussa yhtenä uutena suunnittelun kriteerinä. Tutkimuksen ansiosta suunnitteluosasto voi tarkistaa jo etukäteen, miten paljon suunnittelun aikana tehtävät lopullisiin kuljetusmittoihin vaikuttavat valinnat muuttavat kuljetuksesta aiheutuvia kustannuksia. Suunnittelu ei kuitenkaan tiedä tarkkoja euromääräisiä hintavaikutuksia, vaan ainoastaan indekseillä laskettuja hintojen eroja, joten jos päätösten tueksi tarvitaan oikeita hintoja, ne voi aina tarkistaa huolintaosaston kautta. Tutkimuksen tuloksista koottiin mahdollisimman selkeä taulukko, jotta tuloksia voidaan hyödyntää myös käytännössä. Tutkimuksen kuluessa ei tullut esiin sellaista seikkaa, joka estäisi kuljetettavuuden lisäämisen uudeksi suunnittelukriteeriksi, joten tutkimuksen todellisen hyödyntämisen aloittamiseen tarvittiin ainoastaan esimiestason päätös. Suunnittelijoille ja laskijoille pidettiin koulutusta ABB Oy Transformersin tiloissa 13.6.2014 tutkimuksen aiheesta ja taulukoiden tietojen hyödyntämisestä, joten jatkossa muuntajien suunnittelussa otetaan huomioon myös kuljetettavuus kun se on mahdollista.

Tutkimuksen tuloksena syntynyt taulukko on koostettu eri kuljetus- ja huolintaliikkeiden antamien tietojen pohjalta vuoden 2014 alkupuolen tilanteen

mukaisesti. Rahtimaailmassa voi tapahtua nopeitakin muutoksia, kuten tulevaisuudessa EU:n asettaman rikkidirektiivin mukanaan tuomat merirahtihintojen korotukset tai mahdollisesti jonkin uudenlaisen kuljetuskaluston käyttöönotto. Tämän takia taulukon tietoja on jatkossa hyvä tarkistaa ja päivittää tasaisin määräajoin, jotta tieto pysyy ajantasaisena ja luotettavana.



## 9. LÄHTEET

ABB 2013a. *ABB Oy Transformers*. [online] [Viitattu 10.8.2013]. Saatavana World Wide Webistä: URL: <  
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/d345d5f33155e112c12579610029df59.aspx>>

ABB 2013b. *Suomalaiset juuret*. [online] [Viitattu 10.8.2013]. Saatavana World Wide Webistä: URL: <  
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/4c7fb86040626fd9c2256b2000427c68.aspx>>

ABB 2013c. *ABB-yhtymä*. [online] [Viitattu 10.8.2013]. Saatavana World Wide Webistä: URL: <  
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/5b3b47abc1e9e75dc2256b20003f96db.aspx> >

ABB 2013d. *ABB Oy Transformers – Factory & Product Presentation*. [viitattu 12.1.2013]. Sisäinen esittelymateriaali.

ABB Oy (2012). *Muuntajatekniikan perusteet*. Vaasa: ABB Oy Transformers. Sisäinen opetusmateriaali 36 s.

Albaum, Gerald & Edwin Duerr (2011). *International Marketing and Export Management*. 7. painos. London, New York, Paris, Milan: Pearson. 990 s. ISBN 978-0-273-74388-0.

Beweship Oy. *Shipper's Guide*. Vantaa.

Button, Kenneth (2010). *Transport Economics*. 3. painos. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar. 511 s. ISBN 978-1-84064-189-9.

Christopher, Martin (1998). *Logistics and Supply Chain Management – Strategies for Reducing Cost and Improving Service*. 2. painos. Lontoo: Prentice Hall. 294 s. ISBN 0-273-63049-0.

Euroopan Komissio (1996). *Transport Research Apas Maritime Transport. Impact of Changing Logistics on Maritime Transport*. Brysseli, Luxemburg. 237 s. ISBN 92-827-7989-0.

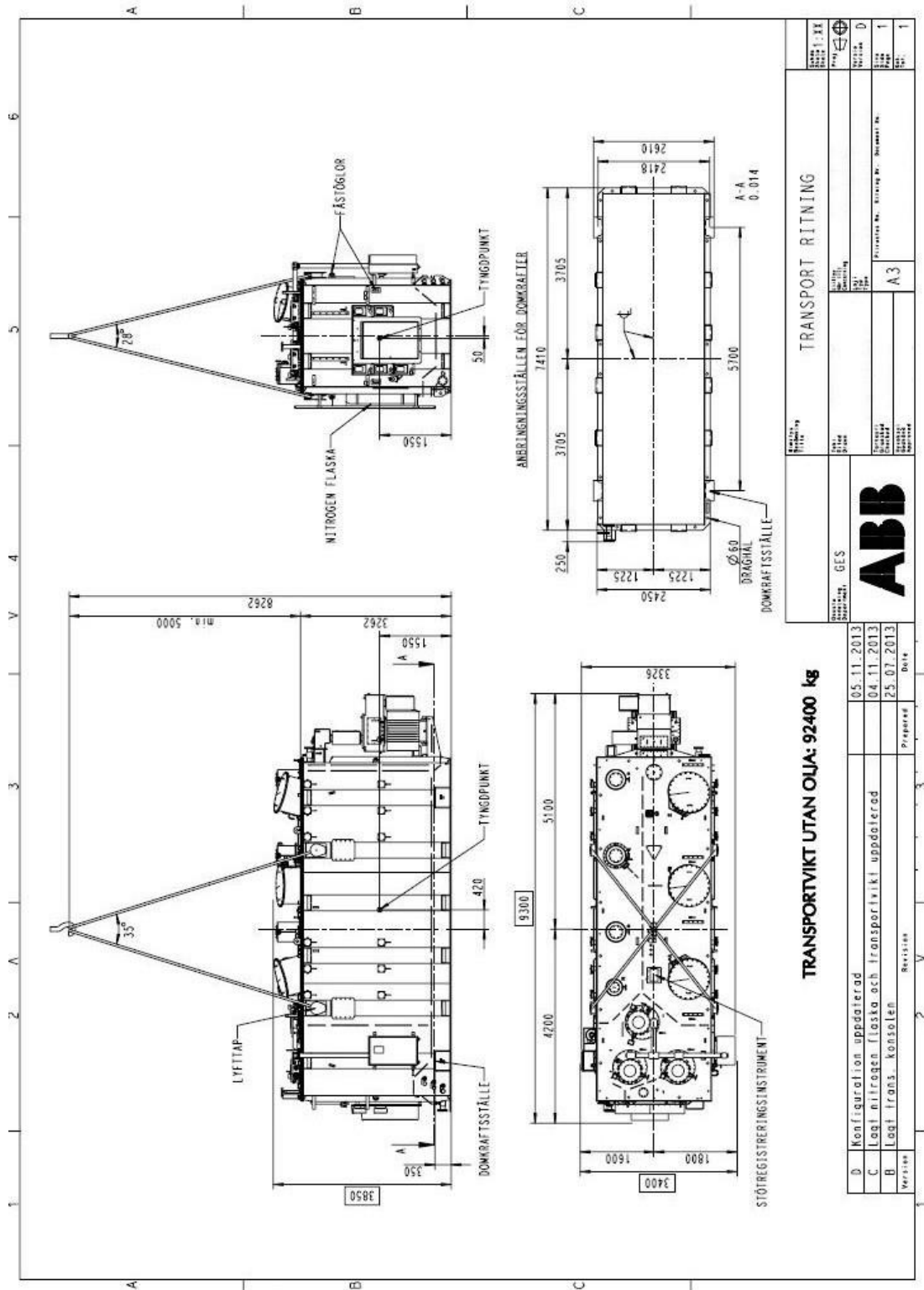
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (2013). *Erikoiskuljetusluvan lupaehdot 1/2013*.
- Gattorna, J.L. & D.W. Walters (1996). *Managing the Supply Chain – A Strategic Perspective*. New York: Palgrave. 360 s. ISBN 0-333-64816-1
- Gattorna, John F. (1997). *Handbook of Logistics & Distribution Management*. 4. painos. USA: Gower. 518 s. ISBN 0-566-09009-0
- Gerld, Gilbert & Anthony Perl (2010). *Transport Revolutions – Moving People and Freight without Oil*. 1. painos. London, Washington DC: Earthscan. 432 s. ISBN 978-1-84407-248-4.
- Gubi, Ebbe (2001). *Design for Logistics*. Center for Industrial Production, Aalborg University, Denmark.
- Harrington, Lisa H., Sandor Boyson & Thomas M. Corsi (2011). *X-SCM – The New Science of X-treme Supply Chain Management*. New York & London: Routledge. 299 s. ISBN 978-0-415-87355-0
- Hirsjärvi, Sirkka & Helena Hurme (2000). *Tutkimushaastattelu – Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki: Yliopistopaino. 213 s. ISBN 951-570-458-8.
- Hirsjärvi, Sirkka, Pirkko Remes & Paula Sajavaara (2008). *Tutki ja kirjoita*. 13.–14. painos. Keuruu: Otava Kirjapaino Oy. 448 s. ISBN 978-951-26-5635-6
- Hoover, William E., Eero Eloranta, Jan Holmström & Kati Huttunen (2001). *Managing the Demand-Supply Chain – Value Innovations for Customer Satisfaction*. 1. painos. New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto: John Wiley & Sons, Inc. 257 s. ISBN 0-471-38499-2.
- IKEA kuvasto (2014). 326 s.
- International Chamber of Commerce, ICC (2010). *INCOTERMS 2010 - ICC Rules for the use of domestic and international Trade Terms*. Paris: ICC Services Publications. 244 s.

- Järvinen, Pertti & Annikki Järvinen (2000). *Tutkimustyön metodeista*. Tampere: Oppipajan kirja. 221 s. ISBN 951-97113-8-4.
- Kamrani, Ali K., Azimi, Maryam & Al-Ahmari, Abdulrahman M. (2013). *Methods in Product Design – New Strategies in Reengineering*. Boca, Raton, London, New York: CRC Press. 324 s. ISBN 978-1-4398-0832-0
- Karrus, Kaij E. (2003). *Logistiikka*. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö. 419 s. ISBN 951-0-25497-5.
- Kye, Dongmin, Jeogeun Lee & Kang-Dae Lee (2013). *The Perceived Impact of Packaging Logistics on the Efficiency of Freight Transportation (EOT)*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management [online] 43:8 [viitattu 19.9.2013] Saatavana rajoitetusti World Wide Webistä: <URL: <http://search.proquest.com.proxy.tritonia.fi/docview/1428872040/1403FAD21A27F37A0E2/7?accountid=14797>>. ISSN 09600035.
- Liikenne- ja viestintäministeriön asetus erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista 786/2012.
- Mangan, John, Chandra Lalwani, Tim Butcher & Roya Javadpour (2012). *Global Logistics and Supply Chain Management*. 2. painos. Croydon: John Wiley & Son Ltd. 421 s. ISBN 978-1-119-99884-6.
- Merilaki 15.7.1994/674.
- Nurminen Logistics (2013). *Erikoiskuljetukset maanteillä*. Koulutusmateriaali.
- Pohjoismaisen Speditööriliiton yleiset määräykset 1998. PSYM 2000.
- Rautatiekuljetuslaki 15.12.2000/1119.
- Rodrigue, Jean-Paul, Clauden Comtois & Brian Slack (2013). *The Geography of Transport Systems*. 3. painos. London & New York: Routledge. 411 s. ISBN 978-0-415-82253-4.

- Sadler, Ian (2007). *Logistics and Supply Chain Integration*. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore: Sage Publications. 259 s. ISBN 978-4129-2978-3.
- Simchi-Levi, David, Philip Kaminsky & Edith Simchi-Levi (2008). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies*. 3. painos. Boston, Taipei, Toronto ym.: McGraw-Hill Companies. 498 s. ISBN 978-0-07-110750-1.
- Suomen huolintaliikkeiden liitto (2013). Sopimusehdot ja lait. *PSYM 2000*. [online] [siteerattu 12.10.2013]. Saatavana World Wide Webistä: <URL: <http://www.huolintaliitto.fi/huolintaliikkeidenliitto/fi/sopimusehdot/>>
- Tulli (2013). *AEO – valtuutettu taloudellinen toimija*. [online]. [siteerattu 17.11.2013]. Saatavana World Wide Webistä: <URL: [http://www.tulli.fi/fi/yrityksille/asiakkaana\\_tullissa/AEO/](http://www.tulli.fi/fi/yrityksille/asiakkaana_tullissa/AEO/)>
- Ulrich, Karl T. & Steven D. Eppinger (2004). *Product Design and Development*. 3. painos. Boston, Taipei, Toronto ym.: McGraw-Hill Companies. 366 s. ISBN 978-0-07-247146-5.
- Van Goor, A.R., M.J. Ploos van Amstel & W. Ploos van Amstel (2003). *European Distribution and Supply Chain Logistics*. Stenfert Kroese Groningen. 526 s. ISBN 90-207-3253-6.
- VR Transpoint (2010). *Idän liikenteen vaunut*. 17.11.2010. Saatavana World Wide Webistä: <URL: [http://www.vrtranspoint.fi/attachments/newfolder\\_5/5uLyr95bP/Vaunukuvasto\\_Ita.pdf](http://www.vrtranspoint.fi/attachments/newfolder_5/5uLyr95bP/Vaunukuvasto_Ita.pdf)>
- VR Transpoint (2013). *Erikoiskuljetukset rautateillä*. Luentomoniste. 3.12.2013.
- Waters, Donald (2007). *Global Logistics*. 5. painos. London & Philadelphia: Kogan Page. 436 s. ISBN 978-0-7494-4813-4.

## LIITE 1.

## Muuntajan kuljetuskuva



## LIITE 2.

## KYSELY: MAANTIEKULJETUKSET LAVETEILLA

Kyselyn tarkoituksena on selvittää, mitkä asiat muuntajan kuljetusmitoissa vaikuttavat ABB:n Vaasan tehtaan muuntajien kuljettamiseen ja siitä aiheutuviin kustannuksiin maantieliikenteessä, kun kalustona käytetään lavetteja. Tutkimuksen pääpaino on Suomen, Ruotsin ja Norjan liikenteessä, mutta tutkimuksessa käsitellään pääpiirteittäin myös Keski-Eurooppaan (Puola, Saksa, Alankomaat, Belgia, Ranska ja Iso-Britannia) suuntautuvaa liikennettä.

---

1. Miten muuntajan kuljetusmitat ja – paino yleisesti vaikuttavat rahtihintaan lavettikuljetuksissa?
2. Minkälaiset lavettityypit soveltuvat muuntajien kuljetuksiin?
3. Mitkä ovat näiden lavettityyppien
  - A. normaalit mitta- ja painorajat?
  - B. kriittiset mitta- ja painorajat, joiden jälkeen rahtihinta nousee huomattavasti?
  - C. suurimmat mahdolliset mitta- ja painorajat?
  - D. rahtihintojen suhteet?
  - E. kaluston korkeudet?
  - F. saatavuus?
4. Mitkä tekijät vaikuttavat muuntajien maantiekuljetuksiin etenkin

- A. Suomessa
- B. Ruotsissa
- C. Norjassa
- D. Keski-Euroopassa

5. Minkälaiset kuljetusmitat vaativat kuljetusluvan tai saaton? (Suomi, Ruotsi, Norja, muualla EU:ssa) Minkälaisia kustannuksia ne aiheuttavat?

6. Minkälaisia rajoitteita muuntajan mitat voivat aiheuttaa reittivalinnalle?

7. Minkälaisia rajoituksia laivat muodostavat lavettikuljetuksille?

8. Mitä reittejä muuntajien kuljetuksiin käytetään Ruotsiin, Norjaan ja muualle EU:hun suuntautuvissa kuljetuksissa? Miten reittivalinta vaikuttaa kuljetuskustannuksiin?

## LIITE 3.

## KYSELY: MERIKULJETUKSET

Kyselyn tarkoituksena on selvittää, miten kuljetusmitat yleisesti vaikuttavat ABB:n Vaasan tehtaan muuntajien kuljettamiseen ja siitä aiheutuviin kustannuksiin merikuljetuksissa. Kyselyn kohteena ovat valmiiden muuntajien vientikuljetukset meritse.

---

1. Miten muuntajan kuljetusmitat ja – paino yleisesti vaikuttavat rahtihintaan merikuljetuksissa?
2. Minkälaisilla laivoilla muuntajia voidaan kuljettaa?
3. Minkälaiset kuljetusyksiköt soveltuvat muuntajien kuljetuksiin meritse?
4. Miten kuljetushintojen suhteet vaihtelevat eri laivatyypeissä ja kuljetusyksiköissä?
5. Mitkä ovat muuntajan
  - A. Normaalit mitta- ja painorajat eri kuljetusyksiköissä?
  - B. Kriittiset mitta- ja painorajat, joiden jälkeen rahtihinta nousee huomattavasti?
  - C. Suurimmat mahdolliset mitta- ja painorajat eri kuljetusyksiköissä?
6. Miten kuljetuskustannukset määräytyvät ylimittaisissa laivauksissa?
7. Mitkä muut asiat kuljetusyksiköiden lisäksi vaikuttavat muuntajien kuljetuksiin meritse? Millainen vaikutus näillä asioilla on kuljetuskustannuksiin?
8. Mistä Suomen satamista muuntajia voidaan laivata? Mitkä asiat vaikuttavat sataman valintaan?



## LIITE 4.

## KYSELY: RAUTATIEKULJETUKSET

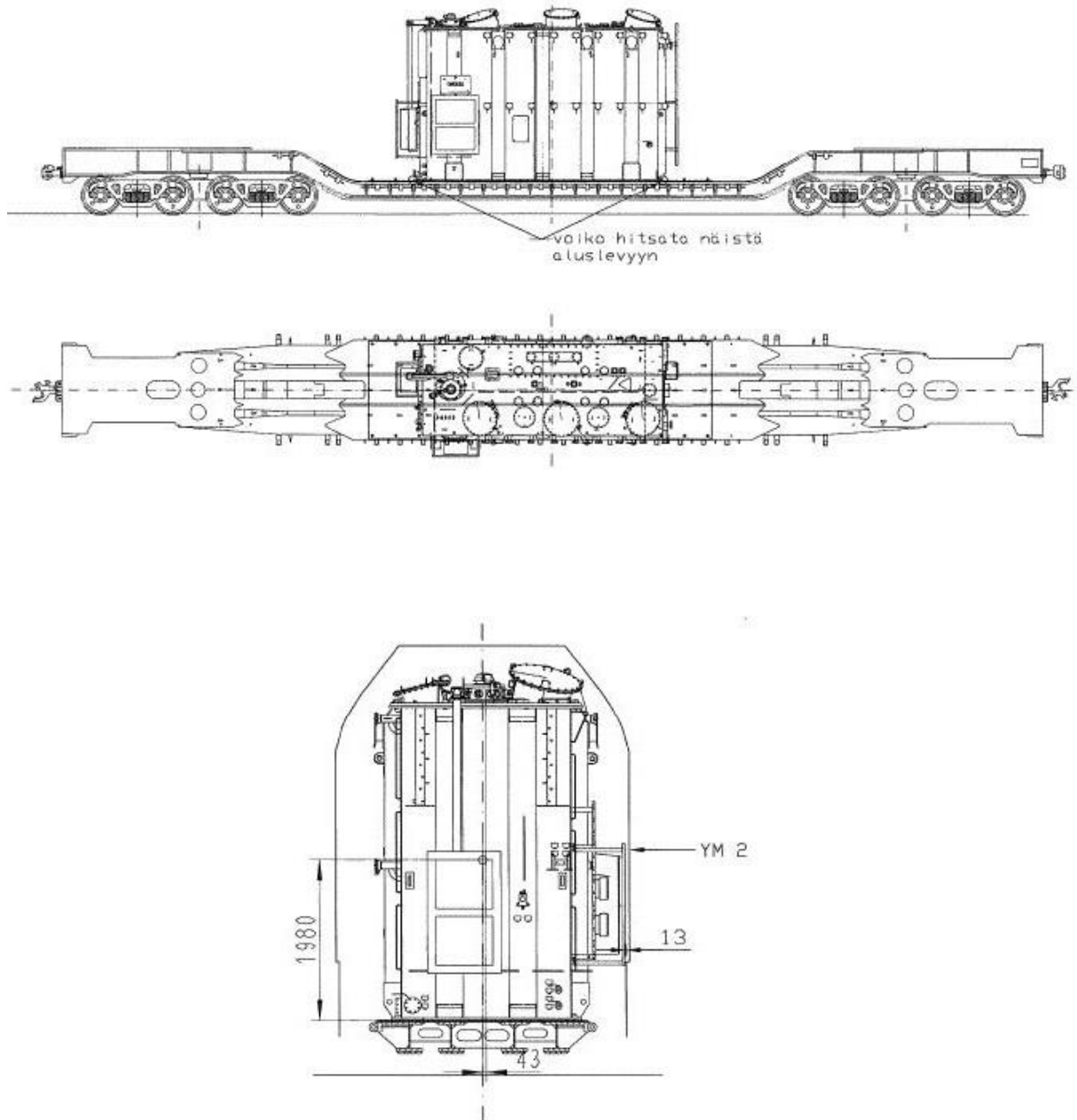
Kyselyn tarkoituksena on selvittää, miten kuljetusmitat vaikuttavat ABB:n Vaasan tehtaan muuntajien kuljettamiseen ja siitä aiheutuviin kustannuksiin junakuljetuksissa.

---

1. Milloin junakuljetus on maantiekuljetusta parempi kuljetusmuoto?
2. Miten muuntajan kuljetusmitat ja – paino yleisesti vaikuttavat rahtihintaan junakuljetuksessa?
3. Mitkä tekijät vaikuttavat muuntajien junakuljetusten suurimpiin sallittuihin mittoihin?
4. Minkälaiset vaunutyyppit soveltuvat muuntajien kuljetuksiin rautateitse?
5. Mitkä ovat näiden vaunutyyppien
  - A. Normaalit mitta- ja painorajat?
  - B. Kriittiset mitta- ja painorajat, joiden jälkeen rahtihinta nousee huomattavasti?
  - C. Suurimmat mahdolliset mitta- ja painorajat?
  - D. Rahtihintojen suhteet?
  - E. Saatavuus?
6. Mitä reittejä itään suuntautuvissa junakuljetuksissa käytetään?

## LIITE 5.

Muuntajan kuljetuskuva VOSK-vaunussa. (VR Yhtymä Oy, Rautatielogistiikka 2013)



**LIITE 6.****Teemahaastattelun haastattelurunko****Tekniset seikat**

Mitkä tekniset tekijät vaikuttavat muuntajan ulkomittoihin? Entä painoon?

Milloin tankin mittoihin voidaan vaikuttaa/milloin ei? Onko teknisiä esteitä?

Onko mahdollista esim. vähentää korkeutta ja lisätä pituutta?

Voidaanko esim. läpiviennit tai apujohtokaappi sijoittaa mihin kohtaan tahansa? Missä vaiheessa niiden paikat määräytyvät?

**Prosessi**

Miten myynti-, laskenta- ja suunnitteluprosessit etenevät? Missä vaiheessa kuljetusmitat lyödään lopullisesti lukkoon?

Missä vaiheessa suunnittelun pitäisi saada tieto kriittisistä mittarajoista?

Paljonko optimaalisten kuljetusmittojen tarkistaminen ja sen mukaan suunnittelu veisivät työaika?

Tuleeko asiakkaalta koskaan vaatimuksia kuljetettavuuden suhteen?

Onko suunnittelussa tietoa kuljetustavasta, kuljetusten vaatimuksista tai rajoitteista?

Miksi kuljetettavuutta ei tällä hetkellä oteta huomioon suunnitteluvaiheessa? Onko sille jotain esteitä?

**Toteutus**

Onko Excel taulukko sopiva työkalu kuljetettavuuden huomioimiselle suunnittelussa?

Mitkä ovat ne tekijät, joiden mukaan optimaaliset kuljetusmitat pitäisi pystyä katsomaan?